

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	13
----------------------	----

TEIL I. RADIOAKTIVITÄT

1. Strahlungsdetektoren	29
1.1. Ionisationskammern	29
1.1.1. Charakteristik einer Ionisationskammer	30
1.1.2. Messungen mit einer Kompensationskammer	33
1.2. Proportionalzählrohre	35
1.2.1. Charakteristik eines Proportionalzählrohres für α - und β -Strahlung	36
1.2.2. Abhängigkeit des Gasverstärkungsfaktors von der Arbeitsspannung eines Proportionalzählrohres	38
1.3. Geiger-Müller-Auslösezählrohre	41
1.3.1. Charakteristik eines Geiger-Müller-Auslösezählrohres	42
1.3.2. Bestimmung der axialen und radialen Empfindlichkeit eines Zylinderzählrohres	44
1.3.3. Ansprechwahrscheinlichkeit eines Geiger-Müller-Auslösezählrohres	47
1.3.4. Bestimmung der Auflösungszeit eines Geiger-Müller-Auslösezählrohres	49
1.4. Halbleiterdetektoren	54
1.4.1. Kristallzähler (HgI_2)	56
1.4.2. Sperrschichtdicke eines Oberflächensperrschichtdetektors	58
1.4.3. Ladungsimpuls eines Oberflächensperrschichtdetektors	60
1.5. Szintillationszähler	62
1.5.1. Grundmessungen am Photosekundärelektronenvervielfacher	63
1.5.2. Messungen mit ZnS:Ag -Szintillatoren	67
1.5.3. Messungen mit NaI:Tl -Szintillatoren	68
1.5.4. Messungen mit Plastszintillatoren	70
1.5.5. Messungen mit flüssigen Szintillatoren	72
1.6. Sonstige Detektoren	75
1.6.1. Thermolumineszenzdetektor	75
1.6.2. Festkörperspurdetektor	78
1.6.3. Aktivierungsdetektor	84
1.6.4. Chemische Detektoren	87
Literatur zu Kapitel 1.	91

2.	Grundmeßaufgaben der Strahlungsmeßtechnik	93
2.1.	Verfahren zur Verarbeitung von Detektorsignalen	93
2.1.1.	Impulszählung (Bestimmung von Detektor-Ansprechwahrscheinlichkeiten)	93
2.1.2.	Impulsanalyse (Bestimmung des energetischen Auflösungsvermögens von Detektoren)	95
2.1.3.	Impulsdiskrimination	98
2.1.4.	Korrelationsmessung (Bestimmung der absoluten Aktivität nach der Koinzidenzmethode)	100
2.2.	Untersuchung der Eigenschaften geladener Teilchen, Photonen und Neutronen	104
2.2.1.	Bestimmung der Energie von Elektronen aus der (maximalen) Reichweite	105
2.2.2.	Bestimmung der Energie von schweren geladenen Teilchen aus der Reichweite und durch Ermittlung des Energiespektrums	108
2.2.3.	Bestimmung der Energie von Photonen mit einem Impulshöhenanalysator	112
2.2.4.	Bestimmung der Energiespektren von Neutronen mit Aktivierungssonden	115
2.3.	Untersuchung der Eigenschaften von Strahlungen	120
2.3.1.	Bestimmung der Gesamtzahl von Teilchen und Photonen mit Festkörperspurdetektoren	121
2.3.2.	Bestimmung der Gesamtladung von Teilchen mit Hilfe einer luftäquivalenten Kugelkammer	123
2.3.3.	Bestimmung der Gesamtenergie von Strahlung durch Absorption in einer Ferrosulfatlösung	126
2.4.	Untersuchung der Eigenschaften radioaktiver Quellen	129
2.4.1.	Identifizierung von Strahlern mit einem Halbleiterspektrometer	129
2.4.2.	Bestimmung der Aktivität radioaktiver Quellen mit Absolutmethoden	132
2.4.3.	Bestimmung der Aktivität radioaktiver Quellen mit Relativmethoden	140
2.4.4.	Messung niedriger β -Aktivitäten mit einer Antikoinzidenzmeßanordnung	146
	Literatur zu Kapitel 2.	150
3.	Quellen ionisierender Strahlung	151
3.1.	Radioaktive Kernumwandlung	151
3.1.1.	Statistik der radioaktiven Kernumwandlung	151
3.1.2.	Bestimmung der Strahlungsart	160
3.1.3.	Bestimmung der Halbwertszeit	161
3.1.4.	Untersuchung des radioaktiven Gleichgewichts	163
3.2.	Sonstige Strahlungsquellen	168
3.2.1.	Beschleuniger	168
3.2.2.	Neutronengenerator	172
3.2.3.	Kernreaktor	174
3.2.4.	Kosmische Strahlung	175
	Literatur zu Kapitel 3.	179
4.	Wechselwirkung zwischen α-, β-, γ- und Neutronenstrahlung und Stoff	181
4.1.	Wechselwirkung zwischen α -Strahlung und Stoff	181
4.1.1.	Bestimmung des Energieverlustes von α -Teilchen in festen Stoffen	181
4.1.2.	Bestimmung der Reichweite von α -Teilchen in Luft	185
4.1.3.	Bestimmung der Reichweite von α -Strahlung durch Absorption in festen Substanzen	188

4.2.	Wechselwirkung zwischen β -Strahlung und Stoff	190
4.2.1.	Messung der Absorption von β -Strahlung	191
4.2.2.	Messung der Selbstabsorption von β -Strahlung.	195
4.2.3.	Messung der Rückstreuung von β -Strahlung	197
4.3.	Wechselwirkung zwischen γ -Strahlung und Stoff	204
4.3.1.	Messung der Schwächung von γ -Strahlung	205
4.3.2.	Messung der Rückstreuung von γ -Strahlung	208
4.4.	Wechselwirkung zwischen Neutronenstrahlung und Stoff	211
4.4.1.	Messung der Abbremsung schneller Neutronen	213
4.4.2.	Untersuchung des Einfangs thermischer Neutronen	216
4.4.3.	Bestimmung der Neutronenalbedo	218
	Literatur zu Kapitel 4.	221
5.	Anwendung von Radionukliden in der Industrie und Technik	223
5.1.	Ausnutzung der Wechselwirkung zwischen Strahlung und Stoff	223
5.1.1.	β -Durchstrahlungsverfahren zur Dickenmessung	224
5.1.2.	γ -Durchstrahlungsverfahren zur Dicken- und Dichtemessung.	230
5.1.3.	γ -Durchstrahlungsverfahren zur Messung von Füllstandshöhen	234
5.1.4.	γ -Defektoskopie	238
5.1.5.	β -Rückstreuverfahren zur Dickenmessung und Materialbestimmung	242
5.1.6.	γ -Rückstreuverfahren zur Rohrwanddickenmessung	246
5.1.7.	Neutronenstreuverfahren zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes von Sand	249
5.2.	Markierungsverfahren	252
5.2.1.	Messung von Gasgeschwindigkeiten nach dem Zweipunktverfahren	253
5.2.2.	Markierungsverfahren zur Verschleißprüfung	257
5.2.3.	Radiometrische Messung von Verweilzeitspektren in kontinuierlich arbeitenden chemischen Reaktoren	260
5.2.4.	Untersuchung von Mischungsvorgängen	267
	Literatur zu Kapitel 5.	269
6.	Strahlenschutz	271
6.1.	Strahlenschutzmeßtechnik	271
6.1.1.	Dosismessungen	273
6.1.2.	Ermittlung der maximal zulässigen Aufenthaltsdauer in verschiedenen Abständen von einer γ -Strahlungsquelle	279
6.1.3.	Ermittlung einer radioaktiven Kontamination und deren Dekontamination.	280
6.2.	Verfahren zur Begrenzung einer Strahlenbelastung	282
6.2.1.	Abschirmung von γ -, β - und Neutronenstrahlung	283
6.2.2.	Optimierung von Aufenthaltsdauer im Strahlungsfeld und Abstand von der Strahlungsquelle	292
	Literatur zu Kapitel 6.	295

TEIL II. RADIOCHEMIE

7.	Trennung und Anreicherung von Radioelementen	299
7.1.	Fällungs- bzw. Mitfällungsreaktionen	299
7.1.1.	Bestimmung des Kristallisations(Verteilungs-)Koeffizienten λ	302

7.1.2.	Abtrennung des $^{234}\text{Pa}(\text{UX}_2)$ von Uranium	304
7.1.3.	Abtrennung des Barium-137 von seiner Muttersubstanz Caesium-137 durch Trägerfällung	307
7.1.4.	Trennung des ^{140}Ba und ^{140}La	308
7.1.5.	Adsorptive Mitfällung an Silberhalogenidniederschlägen	312
7.1.6.	Abtrennung des $^{234}\text{Th}(\text{UX}_1)$ von Uranium	315
7.1.7.	Schnelle radiochemische Trennung durch Isotopenaustausch von vorgeform- ten Niederschlägen	318
7.2.	Radionuklidtrennung durch Solventextraktion	319
7.2.1.	Uranium-Thorium-Trennung	323
7.2.2.	$^{234}\text{Th}/^{234}\text{Pa}$ -Trennung durch Extraktion	325
7.2.3.	Trennung der Spaltprodukte $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ und ^{137}Cs	326
7.2.4.	Abtrennung von Iod und Brom aus Spaltprodukten	330
7.3.	Ionenaustauschchromatographie	331
7.3.1.	Uranium-Thorium-Trennung	334
7.3.2.	Trennung des ^{140}La vom ^{140}Ba mittels Ionenaustauscher	335
7.3.3.	Abtrennung von Polonium-210 aus bestrahltem Bismut	337
7.4.	Radiochromatographie	339
7.4.1.	Papierchromatographische Caesium-Rubidium-Trennung	343
7.4.2.	Herstellung von trägerfreiem ^{90}Y durch Papierchromatographie	346
7.4.3.	Dünnschichtchromatographische Trennung von Radionukliden	349
7.5.	Abtrennung von Radionukliden in der Gasphase	350
7.5.1.	Rutheniumdestillation	352
7.5.2.	Selen-Tellur-Trennung durch Destillation	353
7.5.3.	Abtrennung des Radioiods aus bestrahltem Tellur	355
7.5.4.	Bleiabtrennung durch Verflüchtigung als Halogenid	357
7.5.5.	Herstellung reiner Radioblei- und Radiobismutlösungen	358
7.6.	Elektrochemische Trennverfahren	360
7.6.1.	Trägerfreie Abtrennung des ^{212}Pb (Thorium B) aus natürlichem Thorium	362
7.6.2.	Trägerfreie Abtrennung des ^{137}Cs durch Gegenstromelektrolyse	363
7.6.3.	Papierelektrophoretische Trennung von radioaktiv markierten Säuren	366
7.7.	Szilard-Chalmers-Effekt. Chemische Wirkung der Kernumwandlung	369
7.7.1.	Abtrennung des Radioiods aus bestrahltem Ethyliodid	372
7.7.2.	Abtrennung von radioaktivem MnO_2 aus mit thermischen Neutronen akti- viertem KMnO_4	374
7.8.	Isomerentrennung. Chemische Wirkung der radioaktiven Umwandlung	378
7.8.1.	Brom-Isomerentrennung	381
7.8.2.	Tellur-Isomerentrennung	384
	Literatur zu Kapitel 7.	387
8.	Anwendung radioaktiver Nuklide in der chemischen Analyse	390
8.1.	Aktivierungsanalyse	392
8.1.1.	Bestimmung des Dysprosiumgehalts in Holmium	397
8.1.2.	Silberschnellanalyse	400
8.1.3.	Kupferbestimmung in Reinstaluminium durch Neutronenaktivierung	403
8.1.4.	Bestimmung des Cd-Verhältnisses	410

8.2.	Isotopenverdünnungsmethoden	412
8.2.1.	Phosphatbestimmung durch Isotopenverdünnung	415
8.2.2.	Phosphatbestimmung durch doppelte Isotopenverdünnung.	417
8.2.3.	Natriumbestimmung in Kaliumsalzen nach der Verdünnungsmethode	419
8.2.4.	Radiometrische Volumenbestimmung	421
8.2.5.	Substöchiometrische Isotopenverdünnungsanalyse	423
8.2.6.	Mikro-Thalliumbestimmung nach der Sub- und Superäquivalenz-Methode der Isotopenverdünnung	426
8.3.	Radioreagensmethoden	429
8.3.1.	Radiometrische Thalliumbestimmung	431
8.3.2.	Bariumbestimmung mit ^{35}S -markierter Schwefelsäure	433
8.3.3.	Radiometrische Titration von Chlorid mit ^{110}Ag	434
8.3.4.	Aluminiumbestimmung durch radiokomplexometrische Titration	437
8.4.	Ringofenmethode.	439
8.4.1.	Abtrennung des $^{137\text{m}}\text{Ba}$ von seiner Muttersubstanz ^{137}Cs	441
8.5.	Löslichkeitsbestimmungen	443
8.5.1.	Löslichkeitsbestimmung von Caesiumperchlorat in verschiedenen organischen Lösungsmitteln	445
8.5.2.	Bestimmung der Löslichkeit von Magnesiumammoniumphosphat	447
8.6.	Autoradiographie.	450
8.6.1.	Aufnahme von Schwärzungskurven	452
8.6.2.	Aufnahme der Borverteilung in einer Si-Scheibe mit Hilfe der neutroneninduzierten Autoradiographie (NIAR)	454
8.6.3.	Autoradiographische Auswertung von Dünnschichtchromatogrammen	459
	Literatur zu Kapitel 8.	462
9.	Radioelemente als Leitisotope (Indikatoren)	465
9.1.	Isotopenaustauschreaktionen.	465
9.1.1.	Homogene Isotopenaustauschreaktionen	467
9.1.2.	Heterogene Isotopenaustauschreaktionen	472
9.2.	Adsorption von Radioelementen an Glasoberflächen	474
9.2.1.	Hydrophobierung von Glasoberflächen	475
9.2.2.	Studien zur Phosphationenadsorption an Glasoberflächen	476
9.3.	Bildung und Stabilität von Komplexverbindungen	480
9.3.1.	Bestimmung der Stabilitätskonstanten eines Tl(I) -Komplexes nach der Ionenaustauschmethode	482
9.3.2.	Bestimmung der Dissoziationskonstanten von Komplexverbindungen	485
9.3.3.	Bestimmung der Komplex-Stabilitätskonstanten nach der Extraktionsmethode	488
9.4.	Spezielle Anwendungen von Leitisotopen	493
9.4.1.	Radiometrische Kaliumbestimmung	493
9.4.2.	Bestimmung der Oberfläche von kristallinem Strontiumsulfat	498
	Literatur zu Kapitel 9.	503

10.	Kohlenstoff-14 und Tritium	505
10.1.	Markierungssynthesen mit Kohlenstoff-14	505
10.1.1.	Ba $^{14}\text{CO}_3$ -Verdünnung	507
10.1.2.	Darstellung von Kaliumcyanid- ^{14}C aus Bariumcarbonat- ^{14}C	509
10.1.3.	Synthese ^{14}C -markierter organischer Säuren	510
10.2.	Markierungssynthesen mit Tritium	514
10.2.1.	Herstellung T-markierter Essigsäure durch Austausch mit T_2O	515
10.2.2.	Herstellung von T-markiertem Benzen durch Austausch in Gegenwart von Katalysatoren	517
10.2.3.	Tritium-Markierung durch katalytische Hydrierung	519
10.2.4.	Tritium-Markierung nach der Wilzbach-Methode	521
10.3.	Aktivitätsmessung von T- und ^{14}C -markierten organischen Verbindungen	523
10.3.1.	Aktivitätsmessung von festen T-markierten Verbindungen im 2π -Gasdurchflußzähler	525
10.3.2.	Messung ^{14}C -markierter Verbindungen in fester Form	527
10.3.3.	Messung T-markierter Verbindungen in der Gasphase	530
10.3.4.	Mikrobestimmung ^{14}C -haltiger organischer Verbindungen	534
10.3.5.	Aktivitätsmessungen mit dem Flüssigkeitsszintillationsspektrometer	537
	Literatur zu Kapitel 10.	542
	Anhang	544
	Sachverzeichnis	562