

# Inhalt

<b>Einleitung</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>1. Wechselwirkung radioaktiver Strahlung mit Materie</b> . . . . .	<b>3</b>
1.1. Strahlungsarten . . . . .	3
1.2. Absorption von $\gamma$ -Strahlung in Materie . . . . .	5
1.2.1. Absorptionsgesetze für $\gamma$ -Strahlung . . . . .	5
1.2.2. Wechselwirkung von $\gamma$ -Strahlung mit Materie . . . . .	7
1.2.3. Photoeffekt . . . . .	8
1.2.4. Comptoneffekt . . . . .	9
1.2.5. Paarbildung . . . . .	10
1.3. Absorption von $\alpha$ -Strahlung . . . . .	12
1.3.1. Wechselwirkung von $\alpha$ -Strahlen mit Materie . . . . .	12
1.3.2. Reichweite von $\alpha$ -Strahlen . . . . .	14
1.4. Absorption von $\beta$ -Strahlung . . . . .	15
1.4.1. Allgemeines . . . . .	15
1.4.2. Energieverlust durch Ionisation und Anregung . . . . .	15
1.4.3. Energieverlust durch Strahlung (Bremsstrahlung) . . . . .	17
1.4.4. Čerenkov-Strahlung . . . . .	18
1.4.5. Absorptionsgesetz für $\beta$ -Strahlung . . . . .	18
1.4.6. Reichweite von $\beta$ -Strahlen . . . . .	20
1.5. Absorption von Neutronen in Materie . . . . .	21
Literatur zu Kapitel 1 . . . . .	22
<b>2. Detektoren</b> . . . . .	<b>23</b>
2.1. Allgemeines über Gasionisationsdetektoren . . . . .	23
2.2. Geiger-Müller-Zählrohr (Auslösezählrohr) . . . . .	25
2.2.1. Zählrohrcharakteristik . . . . .	25
2.2.2. Mechanismus der Auslösung . . . . .	26
2.2.3. Selbstlöschende Zählrohre . . . . .	27
2.2.4. Nicht-selbstlöschende Zählrohre . . . . .	28
2.2.5. Typen von Geiger-Müller-Zählrohren . . . . .	29
2.3. Proportionalzähler . . . . .	33
2.3.1. Arbeitsweise . . . . .	33
2.3.2. Totzeit . . . . .	33
2.3.3. Zählgas . . . . .	34
2.3.4. Zählrohrcharakteristik . . . . .	35
2.3.5. Aufbau von Proportionalzählrohren . . . . .	36
2.4. Ionisationskammern . . . . .	37
2.4.1. Arbeitsweise . . . . .	37
2.4.2. Aufbau . . . . .	38
2.4.3. Sonderausführungen . . . . .	39

2.4.4.	Taschenionisationskammern (Elektrometer)	40
2.4.5.	Elektrometerröhren und Schwingkondensatormeßverstärker	41
2.5.	Funkenzähler	42
2.6.	Szintillationszähler	43
2.6.1.	Grundlagen	43
2.6.2.	Szintillatoren	46
2.6.2.1.	Anorganische Einkristalle	46
2.6.2.2.	Feste organische Szintillatoren	47
2.6.2.3.	Flüssige Szintillatoren	48
2.6.2.4.	Hochpolymere Szintillatoren	49
2.6.2.5.	Gase als Szintillatoren	51
2.6.3.	Photovervielfacher	52
2.6.4.	Aufbau von Szintillationsmeßköpfen mit festen Kristallen	53
2.6.5.	Charakteristik des Szintillationszählers	54
2.6.6.	Nulleffekt	55
2.7.	Halbleiterzähler	57
2.7.1.	Allgemeines	57
2.7.2.	Mechanismus der Halbleiterionisation	58
2.7.3.	Aufbau von Halbleiterzählern	59
2.7.4.	Anwendungen	61
2.8.	Čerenkov-Zähler	62
2.8.1.	Theorie	62
2.8.2.	Aufbau	62
2.8.3.	Anwendung	63
2.9.	Nebel- und Blaskammer	64
2.9.1.	Wilsonkammer (Nebelkammer)	64
2.9.1.1.	Allgemeines	64
2.9.1.2.	Expansionskammer	64
2.9.1.3.	Diffusionskammer	65
2.9.2.	Blaskammer	65
2.10.	Photographische Emulsionen	65
2.10.1.	Filmdosimetrie	66
2.10.2.	Kernspurplatten	66
2.10.3.	Autoradiographien	67
2.10.3.1.	Allgemeines	67
2.10.3.2.	Auflösungsvermögen	67
2.10.3.3.	Technik	68
2.11.	Spurendetektoren	68
	Literatur zu Kapitel 2	69
<b>3.</b>	<b>Elektronische Hilfsmittel</b>	<b>71</b>
3.1.	Allgemeiner Überblick	71
3.2.	Hochspannungseinheit	71
3.3.	Verstärker	72
3.4.	Diskriminatoren	74
3.5.	Koinzidenz- und Antikoinzidenzschaltungen	74
3.6.	Impulshöhenanalysatoren	76
3.7.	Impulszähler (Scaler)	80
3.7.1.	Allgemeines	80
3.7.2.	Integriereinheit (Ratemeter)	80
3.7.3.	Zähleinheiten	81

3.7.4.	Zusatzeinheiten . . . . .	81
	Literatur zu Kapitel 3 . . . . .	82
<b>4.</b>	<b>Messung verschiedener Strahlungsarten . . . . .</b>	<b>83</b>
4.1.	Überblick . . . . .	83
4.2.	Messung von $\alpha$ -Strahlung . . . . .	83
4.3.	$\beta^-$ -Strahlung . . . . .	84
4.4.	$\beta^+$ -Strahlung . . . . .	85
4.5.	$\gamma$ -Strahlung . . . . .	86
4.6.	Röntgenstrahlung . . . . .	87
4.7.	Neutronen . . . . .	87
4.7.1.	Allgemeines . . . . .	87
4.7.2.	Borzähler . . . . .	87
4.7.3.	„Long-Counter“ . . . . .	88
4.7.4.	$^3\text{He}$ -Zähler . . . . .	89
4.7.5.	Rückstoßprotonenzähler . . . . .	89
4.7.6.	Spaltkammern . . . . .	89
4.7.7.	Szintillationszähler und Halbleiter . . . . .	89
4.7.8.	Neutronensonden . . . . .	90
4.8.	Messung niedriger Aktivitäten (low-level-Counting) . . . . .	92
4.9.	Messung von Tritium und $^{14}\text{C}$ . . . . .	96
4.9.1.	Allgemeines . . . . .	96
4.9.2.	$^{14}\text{C}$ - und Tritium-Messung in festen Substanzen . . . . .	96
4.9.3.	$^{14}\text{C}$ - und Tritium-Messung in gasförmigen Substanzen . . . . .	97
4.9.4.	$^{14}\text{C}$ - und Tritium-Messung in Flüssigkeiten . . . . .	97
4.9.4.1.	Allgemeines . . . . .	97
4.9.4.2.	Gleichzeitige Messung von $^{14}\text{C}$ und Tritium . . . . .	98
4.9.4.3.	Automatische Löschkorrektur . . . . .	99
	Literatur zu Kapitel 4 . . . . .	100
<b>5.</b>	<b>Bestimmung von Halbwertzeiten und Zerlegung komplexer Zerfallskurven in die Komponenten . . . . .</b>	<b>103</b>
5.1.	Allgemeines . . . . .	103
5.2.	Halbwertzeit eines Nuklids . . . . .	103
5.3.	Halbwertzeiten von mehreren genetisch unabhängigen Nukliden . . . . .	103
5.4.	Halbwertzeiten von genetisch abhängigen Nukliden . . . . .	104
5.5.	Zerlegung einer Zerfallskurve in die Komponenten bei bekannter Halbwertzeit . . . . .	106
5.6.	Bestimmung sehr kurzer Halbwertzeiten . . . . .	108
5.7.	Bestimmung sehr langer Halbwertzeiten . . . . .	109
	Literatur zu Kapitel 5 . . . . .	109
<b>6.</b>	<b>Bestimmung der Energie radioaktiver Strahlung . . . . .</b>	<b>111</b>
6.1.	Allgemeines . . . . .	111
6.2.	Bestimmung der Energie von $\gamma$ -Strahlung . . . . .	111
6.2.1.	Absorptionsmessungen . . . . .	111
6.2.2.	$\gamma$ -Spektroskopie mit Szintillationsdetektoren . . . . .	112
6.2.2.1.	Deutung von Spektren . . . . .	112
6.2.2.2.	Statistik und Auflösung . . . . .	112
6.2.2.3.	Auswertung von Spektren . . . . .	116

6.2.2.3.1.	Bestimmung der Energie . . . . .	116
6.2.2.3.2.	Bestimmung der absoluten Aktivität aus einem Photopeak . . . . .	117
6.2.2.3.3.	Korrektur für die Konversion von $\gamma$ -Quanten . . . . .	121
6.2.2.3.4.	Bestimmung der absoluten Aktivität aus der K-Strahlung . . . . .	122
6.2.2.3.5.	Bestimmung von $\beta^+$ -Strahlung über die 511-keV-Linie . . . . .	123
6.2.2.4.	Meßanordnungen . . . . .	124
6.2.2.4.1.	Allgemeines . . . . .	124
6.2.2.4.2.	Untergrund und Rückstreuung . . . . .	124
6.2.2.4.3.	Spezielle Spektrometeranordnungen . . . . .	125
6.2.3.	$\gamma$ -Spektrometrie mit Proportionalzählrohren . . . . .	126
6.2.4.	$\gamma$ -Spektrometrie mit Halbleitern . . . . .	127
6.3.	$\beta$ -Spektroskopie . . . . .	129
6.3.1.	Allgemeines . . . . .	129
6.3.2.	Bestimmung der maximalen $\beta$ -Energie durch Absorptionsmessungen . . . . .	130
6.3.3.	$\beta$ -Spektroskopie mit Szintillatoren . . . . .	130
6.3.4.	$\beta$ -Spektroskopie mit Halbleitern . . . . .	130
6.4.	$\alpha$ -Spektroskopie . . . . .	131
6.4.1.	$\alpha$ -Spektroskopie durch Reichweitebestimmung . . . . .	131
6.4.2.	$\alpha$ -Spektroskopie mit Szintillatoren . . . . .	131
6.4.3.	$\alpha$ -Spektroskopie mit Halbleitern . . . . .	131
6.5.	Neutronenspektroskopie . . . . .	132
6.5.1.	Rückstoßprotonenmessung . . . . .	132
6.5.2.	Messung mit Halbleitern . . . . .	132
	Literatur zu Kapitel 6 . . . . .	133
<b>7.</b>	<b>Meßanordnungen . . . . .</b>	<b>135</b>
7.1.	Messung von Festsubstanzen . . . . .	135
7.2.	Messung von Flüssigkeiten . . . . .	136
7.3.	Messung von Gasen . . . . .	137
7.4.	Messung an Säulen . . . . .	139
7.5.	Radiogaschromatographie . . . . .	140
7.6.	Messung von Dünnschichtchromatogrammen, Papierchromatogrammen und Elektropherogrammen . . . . .	141
	Literatur zu Kapitel 7 . . . . .	143
<b>8.</b>	<b>Aktivität und Impulsrate . . . . .</b>	<b>145</b>
8.1.	Allgemeines . . . . .	145
8.2.	Statistische Fehler . . . . .	145
8.2.1.	Fehlerfortpflanzung . . . . .	147
8.2.2.	Meßwerte mit verschiedenem Gewicht . . . . .	148
8.2.3.	Wahl der Meßzeit . . . . .	148
8.3.	Untergrundkorrektur . . . . .	148
8.4.	Totzeitkorrektur . . . . .	149
8.4.1.	Erläuterung . . . . .	149
8.4.2.	Korrekturformeln . . . . .	150
8.4.3.	Bestimmung der Totzeit . . . . .	152
8.5.	Geometriefaktor . . . . .	154
8.6.	Absorption im Zählrohrfenster und Absorption zwischen Präparat und Detektor . . . . .	156
8.7.	Selbstabsorption . . . . .	157
8.8.	Rückstreuung . . . . .	159
	Literatur zu Kapitel 8 . . . . .	160

<b>9. Absolutmessung von Aktivitäten</b> . . . . .	<b>161</b>
9.1. Allgemeines . . . . .	161
9.2. Messung mit $2\pi$ - oder $4\pi$ -Detektoren . . . . .	161
9.3. Messung mit flüssigen Szintillatoren . . . . .	162
9.4. Koinzidenzmessungen . . . . .	163
Literatur zu Kapitel 9 . . . . .	164
<b>10. Standardpräparate</b> . . . . .	<b>167</b>
10.1. Allgemeines . . . . .	167
10.2. $\gamma$ -Standards . . . . .	168
10.3. $\beta$ -Standards . . . . .	169
10.4. $\alpha$ -Standards . . . . .	170
Literatur zu Kapitel 10 . . . . .	171
<b>11. Dosismessung</b> . . . . .	<b>173</b>
11.1. Allgemeines . . . . .	173
11.2. Chemische Dosimeter . . . . .	175
11.3. Dosismessung durch Glasverfärbung . . . . .	177
11.4. Photographische Methoden der Dosimetrie . . . . .	177
11.5. Kalorimetrische Dosismessung . . . . .	178
11.6. Dosimetrie von $\gamma$ -Strahlung . . . . .	179
11.7. Dosimetrie von $\alpha$ - und $\beta$ -Strahlung . . . . .	180
11.8. Dosimetrie von Neutronen . . . . .	181
Literatur zu Kapitel 11 . . . . .	183
<b>12. Sachregister</b> . . . . .	<b>185</b>