
Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Einführung und Geschichte der Nuklearmedizin	
1.1 Einführung H. Elser	1
1.2 Geschichte der Nuklearmedizin H. Elser	2
2 Physikalische Grundlagen	
2.1 Aufbau der Materie J. Hafner-Grab	4
2.1.1 Elementarteilchen	4
2.1.2 Atomkern	5
2.1.3 Atomhülle	6
2.1.4 Elemente	6
2.1.5 Nuklide	6
2.1.6 Isotope	7
2.1.7 Isobare	7
2.1.8 Isotone	7
2.1.9 Isomere	7
2.2 Nuklidkarte J. Hafner-Grab	8
2.3 Äquivalenz von Masse und Energie J. Hafner-Grab	9
2.4 Strahlenarten J. Hafner-Grab	9
2.4.1 Wellen-Teilchen-Dualismus	9
2.4.2 Wellenstrahlung	10
2.4.3 Wechselwirkung von Strahlung und Materie	10
2.4.4 Abhängigkeit der Wechselwirkungsprozesse	12

2.4.5	Schwächungsgesetz	13
2.4.6	Wechselwirkung mit dem Atomkern (Kernphotoeffekt)	13
2.4.7	Wechselwirkungsprozesse von Elektronen	14
2.5	<i>Radioaktivität und radioaktive Kernzerfälle</i>	15
	J. Hafner-Grab	
2.5.1	Alpha-Zerfall	15
2.5.2	Beta ⁻ -Zerfall	16
2.5.3	Beta ⁺ -Zerfall	17
2.5.4	EC-Electroncapture (Elektroneneinfang)	17
2.5.5	Gamma-Strahlung	18
2.5.6	Halbwertszeit	18
2.6	<i>Kerntechnische Anlagen zur Erzeugung radioaktiver Strahler</i> . . .	20
	J. Hafner-Grab	
3	Strahlenmessung	
3.1	<i>Nachweis ionisierender Strahlung</i>	21
	A. Nagel, H. Elser	
3.1.1	Filmdosimeter/amtlicher Dosimeter	21
3.1.2	Zählrohre	22
3.1.3	Ionisationskammern	22
3.1.4	Proportionszähler	22
3.1.5	Geiger-Müller-Zählrohr	23
3.1.6	Stabdosimeter	23
3.1.7	Aktivimeter	24
3.1.8	Halbleiterzähler	24
3.1.9	Szintillationszähler	24
3.1.10	Kollimatoren	26
3.1.11	Gamma-Kamera	30
3.1.12	Asymmetrische Fenster	32
3.1.13	Schichtbildverfahren	32
3.2	<i>Grundlagen der Datenverarbeitung</i>	40
	A. Nagel, H. Elser	
3.2.1	Hardware	40
3.2.2	Software	42
3.2.3	Datenerfassung/Akquisition	43
3.2.4	Bildbearbeitung und -darstellung	45
4	Radiopharmakologie	
4.1	<i>Radionuklide</i>	48
	U. Reinel	
4.1.1	Natürliche Radionuklide	48

4.1.2	Reaktorradionuklide	48
4.1.3	Zyklotronradionuklide	49
4.1.4	Generatorradionuklide	49
4.2	<i>Radiopharmazeutika</i>	52
	U. Reinel	
4.2.1	Herstellung von Radiopharmazeutika	52
4.2.2	Bestecke (Kits)	53
4.2.3	Eigenschaften von Radiopharmaka	54
4.2.4	Qualitätskontrolle	54
4.2.5	Radionuklidkinetik	59
4.2.6	Kompartimenten-Modelle	59
5	Dosisbegriffe, Dosiseinheiten und Strahlenschutz	
5.1	<i>Biologische Strahlenwirkung</i>	60
	Th. Knoch	
5.1.1	Repairmechanismus	61
5.1.2	Mutationen	63
5.1.3	Strahlenschäden beim Menschen	65
5.2	<i>Dosisbegriffe im Strahlenschutz</i>	66
	Th. Knoch	
5.3	<i>Deutsches Strahlenschutzrecht</i>	70
	Th. Knoch	
5.3.1	Strahlenschutzverordnung	72
5.3.2	Anwendung radioaktiver Stoffe in der Medizin	77
5.3.3	Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin	77
5.3.4	Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle	78
5.4	<i>Umgang mit radioaktiven Stoffen</i>	79
	Th. Knoch	
5.4.1	Verhalten im Kontrollbereich	79
5.4.2	Methoden zur Überwachung	79
5.5	<i>Personendekontamination</i>	80
	Th. Knoch	
5.5.1	Administrative Kriterien	80
5.5.2	Meßtechnische Kriterien	80
5.5.3	Spezielle Maßnahmen zur Dekontamination	80
5.6	<i>Strahlenschutz gegen äußere Bestrahlung des menschlichen Körpers</i>	81
	Th. Knoch	
5.6.1	Vorbeugende Maßnahmen	81

5.7	<i>Abfallbeseitigung</i>	82
	Th. Knoch	
5.7.1	Trennungskriterien zum Entsorgen von radioaktiven Abfällen . .	83
5.7.2	Kommerzielle Verfahren zur Dekontamination von flüssigen radioaktiven Abfällen	83
5.7.3	Behandlung von festen radioaktiven Abfällen	83
5.8	<i>Strahlenexpositionen</i>	84
	Th. Knoch	
5.8.1	Mittlere effektive Dosis der Bevölkerung in Deutschland	84
6	Qualitätssicherung in der Nuklearmedizin	
6.1	<i>Qualitätskontrolle an der Gamma-Kamera</i>	88
	J. Hafner-Grab, A. Nagel, H. Elser	
6.1.1	Begriffserläuterung	88
6.1.2	Nulleffekt	89
6.1.3	Kontrolle der Energiefensterlage	90
6.1.4	Autopeaking	90
6.1.5	Asymmetrische Fenster	91
6.1.6	Ausbeute	92
6.1.7	Prüfungen auf Homogenität der Kamera (Inhomogenitätstests) .	93
6.1.8	Ortsauflösungsvermögen	96
6.1.9	Linearität	98
6.1.10	Abbildungsmaßstab	98
6.1.11	COR = Center of Rotation (Systemjustierung)	98
6.1.12	Kontrastauflösung	99
6.2	<i>Qualitätskontrolle im Bereich der In-vitro-Diagnostik</i>	101
	J. Hafner-Grab, A. Nagel, H. Elser	
6.2.1	Bohrlochzähler	101
6.2.2	Gamma-Probenwechsler	101
6.2.3	Multidetektorzähler	101
6.2.4	Flüssigszintillations-Zähler	102
6.3	<i>Prüfverfahren im Bereich der In-vitro-Diagnostik</i>	102
	J. Hafner-Grab, A. Nagel, H. Elser	
6.3.1	Prüfung der Zählausbeute und des Nulleffektes	102
6.3.2	Prüfung der Energieauflösung	102
6.3.3	Kontrolle der Impulszählung	103
6.3.4	Funktion der Nuklidvorwahltasten	103
6.3.5	Prüfung der Zählstatistik	103
6.3.6	Kontrolle der Zählratencharakteristik (Linearität)	104
6.3.7	Prüfung auf Übersprechen bei Multidetektorzählern	105

6.4	<i>Qualitätskontrolle am Aktivimeter</i>	105
	J. Hafner-Grab, A. Nagel, H. Elser	
6.4.1	Prüfung des Nulleffektes	106
6.4.2	Ausbeute	106
6.4.3	Linearität	106
6.5	<i>Qualitätskontrolle am $^{99}\text{MO}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ Generator</i>	107
	J. Hafner-Grab, A. Nagel, H. Elser	
6.5.1	Prüfungen durch den Hersteller	107
6.5.2	Prüfungen durch den Benutzer	107
6.6	<i>Qualitätskontrolle bei der Anwendung von Radiopharmaka</i>	108
	J. Hafner-Grab, A. Nagel, H. Elser	
7	In-vivo-Organuntersuchungen	
7.1	<i>Zentrales Nervensystem</i>	110
	H. Elser	
7.1.1	Physiologie	110
7.1.2	Gehirn-Perfusionsszintigraphie	111
7.1.3	Gehirn-Rezeptorszintigraphie	116
7.1.4	Liquorszintigraphie	116
7.2	<i>Schilddrüse</i>	119
	H. Elser	
7.2.1	Anatomische Lage und Physiologie	119
7.2.2	Quantitative Schilddrüsenszintigraphie	123
7.2.3	^{131}J -Ganzkörperszintigraphie	132
7.2.4	In-vitro-Diagnostik der Schilddrüse	137
7.3	<i>Nebenschilddrüsen</i>	141
	H. Elser	
7.3.1	Physiologie	141
7.3.2	Tl/Tc-Subtraktionsszintigraphie	142
7.3.3	Szintigraphie mit $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI	144
7.4	<i>Nebennieren</i>	146
	H. Elser	
7.4.1	Nebennierenrinde	147
7.4.2	Nebennierenrindenszintigraphie	149
7.4.3	Nebennierenmark	151
7.4.4	Nebennierenmarkszintigraphie	153
7.5	<i>Lungen</i>	155
	H. Elser	
7.5.1	Physiologie	155
7.5.2	Physiologische Grundlagen	156

7.5.3	Lungenperfusionsszintigraphie	157
7.5.4	Berechnung von Rechts-links-Shunt-Volumina	162
7.5.5	Kriterien für das Vorliegen einer Lungenembolie nach der PIOPED-Studie	163
7.5.6	Lungeninhalationsszintigraphie	164
7.5.7	Lungenventilationsszintigraphie	165
7.6	<i>Skelett</i>	168
	H. Elser	
7.6.1	Physiologie und Anatomie	168
7.6.2	Knochenszintigraphie	169
7.7	<i>Kardiovaskuläres System</i>	179
	H. Elser	
7.7.1	Anatomie und Physiologie	179
7.7.2	Myokardszintigraphie	180
7.7.3	Antimyosinszintigraphie	188
7.7.4	^{99m} Tc-Pyrophosphatszintigraphie	188
7.7.5	¹²³ I-Fettsäurenszintigraphie	189
7.7.6	Herzbinnenraumszintigraphie, Blutpoolszintigraphie	189
7.8	<i>Blut</i>	191
	H. Elser	
7.8.1	Physiologie	191
7.8.2	Erythrozyten-Überlebenszeit	194
7.8.3	Lokalisation des Erythrozytenabbaus	196
7.8.4	Thrombozyten-Überlebenszeit	197
7.8.5	Lokalisation des Thrombozytenabbauorts	199
7.8.6	Eisenresorption	200
7.9	<i>Leber</i>	201
	H. Elser	
7.9.1	Physiologie	201
7.9.2	Leberfunktionsszintigraphie, hepatobiliäre Szintigraphie	202
7.9.3	Blutpoolszintigraphie, Nachweis von Hämangiomen	205
7.9.4	Statische Leber-Milzszintigraphie	207
7.9.5	Milzszintigraphie mit hitzebehandelten Eigenerthrozyten	208
7.10	<i>Knochenmark</i>	209
	H. Elser	
7.10.1	Physiologie	209
7.10.2	Knochenmarkszintigraphie	209
7.11	<i>Lymphsystem</i>	213
	H. Elser	
7.11.1	Physiologie	213

7.12	<i>Nieren</i>	215
	H. Elser	
7.12.1	Anatomie	215
7.12.2	Physiologische Aufgaben	215
7.12.3	Nierenszintigraphie	217
7.12.4	Statische Nierenszintigraphie mit ^{99m}Tc -DMSA	218
7.12.5	Dynamische Nierenperfusions- und -funktionsszintigraphie mit Berechnung der seitengetrennten Nierenfunktion und Clearance	219
7.12.6	Szintigraphie mit ACE-Hemmern, Captoprilszintigraphie	228
7.12.7	Refluxszintigraphie	231
7.13	<i>Tumorszintigraphie</i>	233
	H. Elser	
7.13.1	Galliumszintigraphie	233
7.13.2	Somatostatin-Rezeptorszintigraphie	235
7.13.3	Antikörperszintigraphie	239
7.13.4	Tumorszintigraphie mit ^{99m}Tc -MIBI und ^{201}Tl	239
7.13.5	^{123}I - bzw. ^{131}I -Metajodbenzylguanidin (MIBG)	240
7.13.6	Positronen-Emissions-Tomographie (PET)	240
7.14	<i>Entzündungsszintigraphie</i>	244
	H. Elser	
7.14.1	Galliumszintigraphie	244
7.14.2	Leukozytenszintigraphie	246
7.15	<i>Speicheldrüsenszintigraphie</i>	248
	H. Elser	
7.15.1	Anatomie und Physiologie	248
7.16	<i>Gastrointestinal-Trakt</i>	252
	H. Elser	
7.16.1	Messung der Vitamin B ₁₂ -Resorption (Schillingtest)	252
7.16.2	Suche nach gastrointestinalen Blutungsquellen	254
7.16.3	Spezielle Blutungsquellensuche (Meckel-Divertikel)	257
8	Therapie mit offenen radioaktiven Stoffen	
8.1	<i>Indikationen zur Therapie mit offenen Radionukliden</i>	259
	H. Elser	
8.2	<i>Radiojodtherapie bei gutartigen Schilddrüsenerkrankungen</i>	259
	H. Elser	
8.2.1	Indikationen	259

8.3	<i>Radiojodtherapie differenzierter Schilddrüsenkarzinome</i>	263
	H. Elser	
8.3.1	Indikationen	263
8.4	<i>Radionuklidtherapie von Gelenkerkrankungen</i> <i>(Radiosynoviorthese)</i>	265
	H. Elser	
8.4.1	Indikationen	265
8.5	<i>Weitere Möglichkeiten der Therapie mit offenen Radionukliden</i> .	266
	H. Elser	
9	Anhang	267
10	Weiterführende Literatur	272
	Sachregister	273