

# Inhalt

1.	<b>Allgemeines</b> . . . . .	1
	<i>W. Schlunbaum</i>	
1.1	Abkürzungen, Bezeichnungen, Einheiten . . . . .	1
1.2	Bildzeichen für medizinische Röntgeneinrichtungen . . . . .	4
2.	<b>Geschichtliches</b> . . . . .	7
	<i>W. Schlunbaum</i>	
3.	<b>Elektrizitätslehre</b> . . . . .	9
	<i>W. Schlunbaum</i>	
4.	<b>Allgemeine Strahlenkunde</b> . . . . .	17
	<i>W. Schlunbaum</i>	
4.1	Photonenstrahlung (Elektromagnetische Wellen) . . . . .	17
4.2	Teilchenstrahlung (Korpuskularstrahlung) . . . . .	20
4.3	Atomphysikalische Grundbegriffe . . . . .	20
4.4	Radioaktivität . . . . .	24
4.4.1	Natürliche Radioaktivität . . . . .	25
4.4.2	Künstliche Radioaktivität . . . . .	25
5.	<b>Messung von Strahlen (Dosimetrie)</b> . . . . .	29
	<i>W. Schlunbaum</i>	
5.1	Methoden der Dosimetrie . . . . .	29
5.2	Dosiseinheiten . . . . .	30
5.2.1	Ionendosis . . . . .	30
5.2.2	Energiedosis . . . . .	31
5.2.3	Äquivalentdosis . . . . .	32
5.2.4	Radioaktivität . . . . .	33
5.3	Meßgeräte . . . . .	34
5.3.1	Meßmethoden der Standarddosimetrie . . . . .	34
5.3.2	Meßprinzipien der praktischen Dosimetrie . . . . .	35
5.3.2.1	Ionisationskammer . . . . .	35
5.3.2.2	Festkörperdosimeter . . . . .	38
5.3.2.3	Filmdosimeter . . . . .	40
5.4	Spezielle Ausführungsformen von Meßgeräten . . . . .	41
5.4.1	Dosimeter für den allgemeinen Strahlenschutz . . . . .	41
5.4.2	Dosimeter für die Röntgendiagnostik . . . . .	43

5.4.3	Dosimeter für die Strahlentherapie . . . . .	45
5.4.4	Auswahlkriterien für Dosimeter . . . . .	47
<b>6.</b>	<b>Erzeugung von Röntgenstrahlen . . . . .</b>	<b>49</b>
	<i>U. Flesch</i>	
6.1	Röntgenröhre . . . . .	49
6.1.1	Aufbau und Eigenschaften . . . . .	49
6.1.2	Brennfleck . . . . .	52
6.1.3	Hochspannungs- und Strahlenschutz . . . . .	56
6.1.4	Besonderheiten verschiedener Bauformen . . . . .	57
6.2	Röntgengenerator . . . . .	58
6.2.1	Hochspannungserzeuger und Gleichrichter . . . . .	58
6.2.2	Konvertergenerator . . . . .	60
6.2.3	Heizstromerzeuger . . . . .	61
6.3	Schalttisch . . . . .	62
6.4	Automatisierung . . . . .	64
<b>7.</b>	<b>Strahlenbetrieb: Anwendungs-, Zusatzgeräte, Zubehör . . . . .</b>	<b>69</b>
	<i>U. Flesch</i>	
7.1	Stative . . . . .	69
7.2	Lagerungshilfen . . . . .	70
7.3	Einstellung des Nutzstrahlbündels . . . . .	72
7.4	Anwendungsgeräte . . . . .	72
<b>8.</b>	<b>Einrichtungen für Strahlentherapie . . . . .</b>	<b>75</b>
	<i>W. Schlunbaum</i>	
8.1	Röntgentherapie . . . . .	75
8.1.1	Röntgentherapieröhren . . . . .	75
8.1.2	Therapiegeneratoren . . . . .	76
8.2	Therapie mit Beschleunigern . . . . .	77
8.3	Gammastrahlentherapie . . . . .	78
<b>9.</b>	<b>Eigenschaften energiereicher Strahlen . . . . .</b>	<b>79</b>
	<i>U. Flesch</i>	
9.1	Verhalten beim Durchgang durch Materie . . . . .	79
9.1.1	Reichweite . . . . .	79
9.1.2	Streuung . . . . .	80
9.1.3	Absorption . . . . .	80
9.1.4	Ordnungszahl . . . . .	81
9.1.5	Schichtdicke . . . . .	82
9.2	Qualität der Quantenstrahlen . . . . .	84
9.3	Allgemeine Eigenschaften . . . . .	85
9.4	Lumineszenz . . . . .	86
9.4.1	Durchleuchtung . . . . .	86
9.4.2	Röntgen-Bildverstärker . . . . .	86
9.4.3	Röntgen-Fernsehen . . . . .	88
9.4.4	Durchleuchtungsgeräte . . . . .	92

9.4.5	Verstärkungsfolien	93
9.4.6	Digitale Lumineszenz-Radiographie, DLR	96
9.5	Röntgenphotographie	98
9.5.1	Bildentstehung	98
9.5.2	Optische Dichte und Gradation	99
9.5.3	Photographisches Material	103
9.5.3.1	Röntgenfilme	103
9.5.3.2	Röntgen-Kassette	105
9.5.3.3	Film-Folien-Systeme, FFS	107
9.5.4	Filmverarbeitung	107
9.5.4.1	Entwicklung	107
9.5.4.2	Fixierung	110
9.5.4.3	Schlußwässerung	112
9.5.4.4	Trocknung	112
9.5.5	Dunkelraum und Tageslichtfilmverarbeitung	113
9.5.6	Entwicklungsmaschinen	115
9.5.6.1	Chemikalien-Mixer	116
9.5.6.2	Entsorgung	116
9.5.7	Tageslichtsysteme	117
9.5.7.1	Zentrale Tageslichtsysteme	117
9.5.7.2	Dezentrale Systeme	118
9.5.7.3	Vollautomatische Arbeitsplätze mit Magazintechnik	118
9.5.8	Filmfehler	119
9.5.8.1	Fehler vor Belichtung	119
9.5.8.2	Fehler bei Belichtung	120
9.5.8.3	Fehler nach Belichtung	120
9.5.9	Laserkamera	120
10.	<b>Anwendung der Röntgenstrahlen zur Diagnostik</b>	123
	<i>U. Flesch</i>	
10.1	Bildgebung und Bildgüte	123
10.1.1	Abbildung	124
10.1.2	Bildschärfe – Bildunschärfe	126
10.1.2.1	Geometrische Unschärfe	127
10.1.2.2	Bewegungsunschärfe	127
10.1.2.3	Innere Unschärfe (Bildempfängerunschärfe)	128
10.1.3	Kontrast	128
10.1.3.1	Objektiver Kontrast	128
10.1.3.2	Subjektiver Kontrast	129
10.1.4	Belichtung	131
10.1.4.1	Einfluß der Spannung	131
10.1.4.2	Einfluß des Generators	133
10.1.4.3	Einfluß des Objekts	133
10.1.4.4	Einfluß des Abstandes Fokus-Bildempfängerebene	134
10.1.4.5	Einfluß des Bildempfangssystems	134
10.1.4.6	Einfluß von Blenden und Rastern	134
10.1.5	Streustrahlung, Streustrahlenraster	134
10.1.6	Praxis der Röntgenaufnahme	136

10.1.6.1	Lagerung des Patienten	136
10.1.6.2	Bezeichnung der Aufnahmen	137
10.1.6.3	Archivierung von Röntgenaufnahmen	138
10.2	Spezialuntersuchungen	138
10.2.1	Kontakt- und Vergrößerungsaufnahmen, Mikroradiographie	138
10.2.2	Stereoaufnahmen und Stereotaxie	139
10.2.3	Schlitzenblendentchnik	140
10.2.4	Schichtuntersuchung (Verwischungstomographie)	141
10.2.5	Computertomographie (CT)	144
10.2.6	Fremdkörperlokalisation	148
10.2.7	Schirmbild- und Bildverstärkerphotographie	151
10.2.8	Kymographie, Polygraphie	152
10.2.9	Serienaufnahmen, Röntgenkinematographie	153
10.2.9.1	Serienaufnahmen	153
10.2.9.2	Röntgenkinematographie	154
10.2.10	Untersuchungen mit Kontrastmitteln, Kontrastmittelreaktionen	155
10.2.10.1	Verdauungstrakt: Ösophagus, Magen, Darm	158
10.2.10.2	Speicheldrüse	161
10.2.10.3	Gallenwege	161
10.2.10.4	Pankreas, ERCP	163
10.2.10.5	Nieren, Harnwege	163
10.2.10.6	Uterus, Eileiter	164
10.2.10.7	Fisteldarstellung	165
10.2.10.8	Gefäßdarstellung (Angiographie, Vasographie)	165
10.2.10.9	ZNS-Diagnostik	166
10.2.10.10	Gelenkhöhlen	166
10.2.11	Untersuchungen von Kindern	167
10.2.12	Zahn- und Kieferaufnahmen	169
10.2.13	Weichteilaufnahmen, Mammographie	170
10.2.14	Untersuchung Unfallverletzter	172
10.2.15	Digitale Radiographie	173
10.2.16	Digitale Subtraktionsangiographie	176
10.2.17	Xeroradiographie	178
10.2.18	Interventionelle Techniken	179
<b>11.</b>	<b>Nuklearmedizinische Diagnostik</b>	<b>181</b>
	<i>U. Stabell</i>	
11.1	Grundlagen	181
11.2	Radionuklide	181
11.2.1	Technetium, Technetium-Generator	182
11.2.2	Jodverbindungen	184
11.2.3	Thallium	184
11.2.4	Weitere Radionuklide	184
11.3	Geräte	184
11.3.1	Bohrlochkristallzähler	186
11.3.2	Funktionsmeßstand	187
11.3.3	Szintigraphiegeräte	188
11.3.3.1	Scanner (Szintigraph)	188

11.3.3.2	Gammakamera	189
11.4	Untersuchungsmethoden	196
11.4.1	Schilddrüse	196
11.4.1.1	Radiojodtest	196
11.4.1.2	Schilddrüsenfunktionsszintigraphie	197
11.4.2	Skelettsystem	199
11.4.3	Nieren	200
11.4.3.1	Statische Szintigraphie	200
11.4.3.2	Isotopennephrographie (ING)	201
11.4.4	Lungen	202
11.4.5	Herz	202
11.4.5.1	Ventrikulographie	202
11.4.5.2	Myokardszintigraphie	203
11.4.6	Gehirn	203
11.4.7	Lymphgefäße, Lymphknoten	204
11.4.8	Immunszintigraphie	204
11.4.9	Leber, Gallenwege	205
11.4.10	Prinzip des Radioimmuno-Assays (RIA)	205
11.5	Strahlenexposition	206
11.6	Protokollierung	206
<b>12.</b>	<b>Ultraschalldiagnostik</b>	<b>207</b>
	<i>U. Flesch</i>	
12.1	Medizinischer Ultraschall	207
12.2	Physikalische Grundlagen	207
12.3	A-Bild	210
12.4	B-Bild, Real-Time Ultraschallbild	211
12.5	T-M-Mode, Doppler-Verfahren, Farbdoppler	212
<b>13.</b>	<b>Magnetresonanztomographie (MRT)</b>	<b>215</b>
	<i>U. Flesch</i>	
13.1	Physikalische Grundlagen	215
13.2	Klassifizierung von MRT-Bildern	216
<b>14.</b>	<b>Biologische Wirkung energiereicher Strahlen</b>	<b>221</b>
	<i>W. Schlunbaum</i>	
14.1	Physikalisch-chemische Strahlenwirkung	221
14.2	Strahlensensibilität von Zellen und Geweben	223
14.3	Einfluß von Strahlenart und -qualität	225
14.4	Räumliche und zeitliche Verteilung der Strahlenwirkung	225
14.4.1	Räumliche Verteilung	225
14.4.2	Zeitliche Verteilung	225
14.5	Stochastische und nichtstochastische, somatische und genetische Strahlenwirkung	226
14.5.1	Somatische Strahlenwirkung	226
14.5.2	Akutes Strahlensyndrom (Strahlenkrankheit)	229
14.5.3	Genetische Strahlenwirkung	232

<b>15.</b>	<b>Strahlentherapie</b> . . . . .	<b>235</b>
	<i>W. Schlunghbaum</i>	
15.1	Vorbemerkungen, Dosisbegriffe . . . . .	235
15.2	Strahlenarten . . . . .	236
15.3	Strahlenqualität . . . . .	237
15.3.1	Auswahl der Strahlenart . . . . .	237
15.3.2	Applikationsmethoden . . . . .	237
15.4	Zeitliche Dosisverteilung: Fraktionierung, Protrahierung . . . . .	238
15.5	Entwicklungstendenzen . . . . .	239
15.6	Indikationen . . . . .	240
15.7	Therapieplanung . . . . .	241
15.8	Weiche Röntgenstrahlen . . . . .	243
15.9	Harte Röntgenstrahlen . . . . .	245
15.10	Ultraharte Röntgen- und Gammastrahlen . . . . .	245
15.10.1	Ultraharte Röntgenstrahlen . . . . .	246
15.10.2	Gammastrahlen (Telekobalttherapie) . . . . .	246
15.11	Schnelle Elektronen . . . . .	247
15.12	Andere Korpuskularstrahlen . . . . .	248
15.12.1	Umschlossene und offene radioaktive Stoffe . . . . .	249
15.12.2	Klassische Verfahren: Radium, Radon, Mesothorium . . . . .	249
15.12.3	Radioaktive Isotope . . . . .	249
15.12.4	Afterloading-Therapie . . . . .	251
15.13	Protokollierung der Strahlentherapie . . . . .	251
15.13.1	Röntgen-, Gamma- und Elektronenbestahlungseinrichtungen . . . . .	251
15.13.2	Offene radioaktive Stoffe . . . . .	252
15.13.3	Umschlossene Strahlen . . . . .	252
<b>16.</b>	<b>Strahlengefährdung, Strahlenschutz</b> . . . . .	<b>253</b>
	<i>W. Schlunghbaum</i>	
16.1	Strahlengefährdung . . . . .	253
16.1.1	Natürliche Strahlenexposition . . . . .	254
16.1.2	Zivilisatorische Strahlenexposition . . . . .	254
16.1.3	Berufliche Strahlengefährdung . . . . .	256
16.1.3.1	Akute und chronische Inkorporation . . . . .	256
16.1.3.2	Chronische Schädigung . . . . .	257
16.2	Strahlenschutz . . . . .	257
16.2.1	Chemischer Strahlenschutz . . . . .	258
16.2.2	Physikalischer Strahlenschutz . . . . .	258
16.2.2.1	Abstandsvergrößerung . . . . .	258
16.2.2.2	Schutzstoffe . . . . .	258
16.2.2.3	Expositionszeit bei Anwendung von Radionukliden . . . . .	260
16.2.2.4	Kontamination . . . . .	260
16.2.3	Gesetzliche Regelung des Strahlenschutzes . . . . .	260
16.2.3.1	Röntgenverordnung (RöV) . . . . .	261
16.2.3.2	Strahlenschutzverordnung (StrSchV) . . . . .	265
16.3	Qualitätssicherung . . . . .	265

Inhalt	XV
<b>17. Therapie mit energiearmen Strahlen</b> . . . . .	<b>269</b>
<i>W. Schlungbaum</i>	
17.1 Temperaturstrahler . . . . .	269
17.2 Lumineszenzstrahler . . . . .	270
17.3 Biologische Wirkung . . . . .	270
17.3.1 IR-Strahlung . . . . .	270
17.3.2 Sichtbares Licht . . . . .	271
17.3.3 UV-Licht . . . . .	271
<b>18. Einstelltechnik</b> . . . . .	<b>275</b>
<i>H. Grieszat</i>	
<b>Sachregister</b> . . . . .	<b>365</b>