

<b>Vorwort zur 5. Auflage</b> .....	<b>29</b>
<b>1 Allgemeines</b> .....	<b>31</b>
1.1 <u>Zeittafel</u> .....	31
1.2 <u>Allgemeine Einleitung – Röntgendiagnostik</u> .....	32
1.3 <u>Umgang mit Patienten</u> .....	33
<b>2 Röntgenstrahlen und ihre Eigenschaften</b> .....	<b>35</b>
2.1 <u>Entstehung</u> .....	35
2.1.1 <u>Bremsstrahlung</u> .....	38
2.1.2 <u>Charakteristische Röntgenstrahlung oder Eigenstrahlung</u> .....	40
2.1.3 <u>Wärmeenergie bei der Erzeugung von Röntgenstrahlen</u> .....	42
2.1.4 <u>Eigenschaften der Röntgenstrahlen</u> .....	42
2.2 <u>Schwächungseffekt</u> .....	42
2.2.1 <u>Absorption</u> .....	43
2.2.2 <u>Streuung</u> .....	45
2.2.2.1 <u>Klassische Streuung</u> .....	45
2.2.2.2 <u>Compton-Streuung</u> .....	45
2.2.3 <u>Paarbildung</u> .....	45
2.2.4 <u>Kernreaktion</u> .....	47
2.2.5 <u>Schematische Darstellung sämtlicher Schwächungsvorgänge</u> .....	47
2.2.5.1 <u>Sekundärelektronen</u> .....	48
2.2.6 <u>Schwächungsvorgänge in Abhängigkeit von der Röhrenspannung</u> .....	48
2.2.7 <u>Schwächungsgesetz</u> .....	48
2.2.7.1 <u>Abhängigkeit der Absorption von der Dicke-Halbwertschicht</u> .....	50
2.2.7.2 <u>Halbwertschicht bei monochromatischer oder homogener Strahlung</u> .....	50
2.2.7.3 <u>Halbwertschicht bei heterogener Strahlung</u> .....	50

2.2.7.4	Abhängigkeit der Absorption von der Dichte eines Stoffes. . . . .	52
2.2.7.5	Abhängigkeit der Absorption von der Ordnungszahl . . . . .	53
2.2.7.6	Abhängigkeit der Absorption von der Wellenlänge. . . . .	56
2.2.8	Zusammenfassung der Absorptionsfaktoren. . . . .	56
2.2.9	Strahlenbild oder Strahlenrelief . . . . .	56
2.2.10	Streustrahlung im Strahlenbild . . . . .	57
2.3	<u>Lumineszenzeffekt</u> . . . . .	57
2.4	<u>Ionisationseffekt</u> . . . . .	58
2.5	<u>Photographischer Effekt</u> . . . . .	59
<hr/>		
<b>3</b>	<b>Verstärkungsfolien und Röntgenfilm</b> . . . . .	<b>60</b>
3.1	<u>Verstärkungsfolien</u> . . . . .	60
3.1.1	Verstärkungsfaktor. . . . .	60
3.1.2	Unschärfe der Verstärkungsfolien . . . . .	61
3.1.3	Ausgleichfolien oder Verlauffolien. . . . .	63
3.1.4	Spezialfoliensatz für Simultantomographie. . . . .	65
3.1.5	Folien aus seltenen Erden (SF) . . . . .	66
3.1.6	Spannungsabhängigkeit von Folien. . . . .	67
3.1.7	Folienüberprüfung und Reinigung . . . . .	70
3.1.8	Röntgenfilmkassetten. . . . .	70
3.2	<u>Röntgenfilm – Allgemeines</u> . . . . .	71
3.2.1	Bildentstehung – Elektronenphase. . . . .	74
3.2.2	Bildentstehung – Ionenphase. . . . .	75
3.2.3	Empfindlichkeit von photographischen Filmen und von Röntgenfilmen. . . . .	75
3.2.4	Dunkelkammerbeleuchtung. . . . .	76
3.3	<u>Häufigst gebrauchte Film- und Folienformate bei Skelettaufnahmen und Nativaufnahmen</u> . . . . .	78
3.4	<u>Kennzeichnung des Filmes</u> . . . . .	78
3.4.1	<u>Aufbelichtungseinrichtungen</u> . . . . .	79
3.5	<u>Technik der Filmentwicklung</u> . . . . .	80
3.5.1	Entwicklerlösungen . . . . .	80
3.5.2	Handverarbeitung des Filmes in der Dunkelkammer. . . . .	81
3.5.2.1	Entwicklung . . . . .	81
3.5.2.2	Regeneratorlösung . . . . .	83
3.5.2.3	Zwischenwässerung . . . . .	83
3.5.2.4	Fixierbad. . . . .	83
3.5.2.5	Regenerierung des Fixierbades . . . . .	84
3.5.2.6	Endwässerung. . . . .	84

3.5.2.7	Netzmittelbad . . . . .	84
3.5.2.8	Trocknung . . . . .	84
3.5.3	Abschwächerlösungen . . . . .	85
3.5.4	Verstärkerlösungen. . . . .	85
3.5.5	Automatische Filmentwicklung – Entwicklungs- maschinen . . . . .	85
3.5.5.1	Regeneriersystem . . . . .	86
3.5.5.2	Trockenteil . . . . .	86
3.5.5.3	Mixer. . . . .	87
3.5.5.4	Entsorgung von verbrauchten Lösungen in Entwicklungsmaschinen. . . . .	87
3.5.6	Tageslichtbearbeitung der Röntgenfilme. . . . .	88
3.5.6.1	Tageslichtsystem mit multiplen Filmspendern und zentraler Entwicklungsmaschine. . . . .	88
3.5.6.2	Vollautomatischer Arbeitsplatz mit Magazintechnik . . . . .	89
3.6	<u>Messung der Schwärzung des Filmes</u> <u>(Densitometrie)</u> . . . . .	90
3.6.1	Schwärzungskurve des Filmes . . . . .	91
3.6.2	Bildwiedergabefaktoren . . . . .	94
3.6.3	Kontrastfaktor . . . . .	94
3.6.4	Schwärzungskurve von Film-Folien- Kombinationen. . . . .	95
3.6.5	Lichtabsorption durch Grundscheier und Schichtträger. . . . .	95
3.6.6	Unzureichende Kontrastwiedergabe . . . . .	97
3.6.7	Anwendung hoher Spannung. . . . .	98
3.7	<u>Herstellung von Röntgenfilm-Kopien</u> . . . . .	99
3.8	<u>Filmsubtraktion</u> . . . . .	101
3.9	<u>Filmfehler</u> . . . . .	103
3.9.1	Vor der Aufnahme entstandene Filmfehler. . . . .	103
3.9.2	Nach der Aufnahme entstandene Filmfehler. . . . .	104
3.9.3	Nachbelichtung der Filme in der Dunkelkammer. . . . .	104
3.10	<u>Röntgenfilmarchivierung</u> . . . . .	105
3.10.1	Alphabetische Registrierung . . . . .	105
3.10.2	Numerische Registrierung . . . . .	105
3.10.3	Elektronisches Bildarchiv. . . . .	106
3.11	<u>Farbröntgenfilme</u> . . . . .	107
3.12	<u>Spezialfilme zur Feldlokalisierung bei</u> <u>Kobalt-60-Therapie</u> . . . . .	107
3.13	<u>Spotfilme oder Kamerafilme</u> . . . . .	108
3.14	<u>Röntgen-Kinematographie-Filme</u> . . . . .	108

3.15	<u>Leuchtkästen zur Betrachtung von Röntgenfilmen</u> . . . . .	108
3.15.1	Helligkeit. . . . .	108
3.15.2	Homogene Ausleuchtung. . . . .	109
3.15.3	Leuchtfarbe. . . . .	110
3.15.4	Einblendung . . . . .	110
3.15.5	Verschmutzungen . . . . .	110
3.15.6	Alterung von Leuchtröhren . . . . .	110
3.16	<u>Helligkeitsmessung</u> . . . . .	110
<hr/>		
<b>4</b>	<b><u>Projektionsgesetze und ihre Anwendung</u></b> . . . . .	<b>111</b>
4.1	<u>Fokus-Film-Abstand (FfA) oder Fokus-Leuchtschirm-Abstand</u> . . . . .	111
4.2	<u>Fokus-Objekt-Abstand (FOA)</u> . . . . .	111
4.3	<u>Objekt-Film-Abstand (OfA) oder Objekt-Leuchtschirm-Abstand (OLA)</u> . . . . .	111
4.4	<u>Zentralprojektion</u> . . . . .	111
4.5	<u>Senkrechtstrahl</u> . . . . .	112
4.6	<u>Zentralstrahl</u> . . . . .	112
4.7	<u>Superposition</u> . . . . .	113
4.8	<u>Hochkanteffekt</u> . . . . .	113
4.9	<u>Vergrößerung</u> . . . . .	114
4.10	<u>Isometrie</u> . . . . .	114
4.11	<u>Größenbestimmung</u> . . . . .	114
4.12	<u>Parallaxe</u> . . . . .	115
4.13	<u>Verzeichnis</u> . . . . .	116
4.14	<u>Abstandsquadratgesetz</u> . . . . .	117
<hr/>		
<b>5</b>	<b><u>Bildqualität</u></b> . . . . .	<b>119</b>
5.1	<u>Unschärfe</u> . . . . .	120
5.1.1	<u>Bewegungsunschärfe</u> . . . . .	120
5.1.2	<u>Geometrische Unschärfe</u> . . . . .	121
5.1.3	<u>Film- und Folienunschärfe</u> . . . . .	123
5.1.4	<u>Beziehung zwischen den einzelnen Unschärfeanteilen</u> . . . . .	124
5.1.5	<u>Kontrastübergangszone und Kontrastgradient</u> . . . . .	124
5.2	<u>Kontrast</u> . . . . .	125
5.2.1	<u>Strahlenkontrast und die örtliche Verteilung der Strahlenkontraste – Röntgenstrahlenbild</u> . . . . .	126
5.2.2	<u>Quantenrauschen</u> . . . . .	126
5.2.3	<u>Modulationsübertragungsfunktion - MÜF</u> . . . . .	127
5.2.3.1	<u>Strichraster</u> . . . . .	127
5.2.3.2	<u>Sinusraster</u> . . . . .	128

5.2.4	Detailerkennbarkeit . . . . .	129
5.2.5	Simultankontrast . . . . .	131
5.2.6	Einfluß der Streustrahlung auf den Kontrast . . . . .	132
5.3	<u>Maßnahmen zur Verringerung des Streuanteils</u> . . . . .	132
5.3.1	Einblendung . . . . .	133
5.3.1.1	Tubus . . . . .	133
5.3.1.2	Tiefenblende . . . . .	133
5.3.2	Kompression . . . . .	134
5.3.3	Vergrößerung des Objekt-Film-Abstandes (OfA) – Groedel-Technik, Abstandstechnik – . . . . .	135
5.3.4	Streustrahlenraster . . . . .	135
5.3.4.1	Schachtverhältnis . . . . .	136
5.3.4.2	Linienzahl (Streustrahlenraster) . . . . .	137
5.3.4.3	Selektivität . . . . .	138
5.3.4.4	Rasterfokussierung . . . . .	138
5.3.4.5	Blendenfaktor . . . . .	140
5.3.4.6	Motorischer Rasterantrieb . . . . .	141
5.3.4.7	Stroboskopischer Effekt . . . . .	141
5.3.4.8	Feststehende Raster . . . . .	141
5.3.4.9	Übersicht über Streustrahlenraster . . . . .	143
<hr/>		
<b>6</b>	<b>Röntgentechnik – Röntgenröhre und Generator</b> . . . . .	<b>144</b>
6.1	<u>Röntgenröhre</u> . . . . .	144
6.1.1	Elektronenquelle – Kathode . . . . .	145
6.1.1.1	Fokussierungseinrichtung . . . . .	147
6.1.2	Anode . . . . .	147
6.1.2.1	Brennfleck . . . . .	147
6.1.2.2	Verkleinerung des strichförmigen elektronischen Brennflecks infolge Projektion . . . . .	148
6.1.2.3	Heeeffekt . . . . .	149
6.1.2.4	Störstrahlung . . . . .	150
6.1.2.5	Anodenmaterial . . . . .	151
6.1.2.6	Verbundanode . . . . .	153
6.1.2.7	Graphik-Verbundanode . . . . .	153
6.1.2.8	Drehanoden . . . . .	153
6.1.2.9	Doppelfokusröhre . . . . .	155
6.1.2.10	Belastbarkeit und Alterung der Röntgenröhren . . . . .	156
6.1.2.11	Überlastungsschutz der Röntgenröhre . . . . .	158
6.1.3	Röntgenröhre und Strahlenschutzgehäuse . . . . .	159
6.1.3.1	Röntgenröhre mit Glaszylinder . . . . .	159
6.1.3.2	Kannnröhren (Glas-Metall-Röntgenröhre) . . . . .	159
6.1.3.3	Metall-Keramik-Röhre . . . . .	160

6.1.3.4	Gittergesteuerte Röntgenröhre. . . . .	161
6.1.3.5	Röntgenröhren-Schutzgehäuse . . . . .	162
6.1.4	Heizung und Aufnahmeauslösung. . . . .	163
6.1.5	Gleichrichtung durch die Röntgenröhre . . . . .	163
6.1.6	Röhrenfilter. . . . .	164
6.1.7	Elektronenemission und Röhrenstrom – Raumladung und Durchgriff. . . . .	164
6.1.8	Steuerarm der Röntgenröhre. . . . .	165
6.1.9	Röhrennomogramm. . . . .	166
6.1.10	Kennzeichen der Röntgenröhre. . . . .	166
6.1.10.1	Technische Daten der Metallkeramikröhre. . . . .	167
6.2	Generator . . . . .	171
6.2.1	Transformator . . . . .	171
6.2.2	Hochspannungsgleichrichter . . . . .	171
6.2.2.1	Schwellspannungswert und der Sperrspannungswert. . . . .	171
6.2.2.2	Sperrschichtgleichrichter – Halbleiter und Gleichrichter. . . . .	172
6.2.2.3	Sperrschichtgleichrichter – Überschuß- und Mangelhalbleiter. . . . .	173
6.2.2.4	Sperrschichtgleichrichter – Halbleiterioden – Halbleitergleichrichter . . . . .	175
6.2.2.5	Sperrschichtgleichrichter – Transistoren. . . . .	175
6.2.3	Schaltungen im Hochspannungsteil. . . . .	177
6.2.3.1	Halbwellengeneratoren – Einpulsgeneratoren. . . . .	177
6.2.3.2	Vollweggeneratoren – Zweipulsgeneratoren . . . . .	179
6.2.3.3	Sechspulsgeneratoren. . . . .	179
6.2.3.4	Zwölfpulsgeneratoren. . . . .	181
6.2.3.5	Schalteinrichtungen und Belastungsautomatik in Röntgeneratoren. . . . .	181
6.2.3.6	Durchleuchtungsbetrieb. . . . .	183
6.2.3.7	Belastungsautomatik in Röntgeneratoren. . . . .	183
6.2.3.8	Programmierte Aufnahmetechnik und Multimatiksystem. . . . .	186
6.2.3.9	Modulbauweise. . . . .	187
6.2.3.10	Gesteuerte Halbleiter-Gleichrichter als Schalter von Generatoren. . . . .	188
6.2.3.11	Computersteuerung des Generators . . . . .	188
6.2.3.12	Weitere Vorteile der Computersteuerung des Generators . . . . .	189
6.2.3.13	Tetrodengenerator . . . . .	190
6.2.3.14	Hochfrequenzgeneratoren oder Konvertergeneratoren . . . . .	192

6.3	<u>Belichtungsautomatik</u> . . . . .	196
6.3.1	<u>Zeitvariationsverfahren</u> . . . . .	196
6.3.2	<u>Unterteilung der Meßfelder für Organaufnahmen</u> . . .	199
6.3.3	<u>Wahl der Meßfelder bei Organaufnahmen</u> . . . . .	203
6.3.4	<u>Richtlinien für die Arbeit mit der Belichtungsautomatik</u> . . . . .	203
6.3.5	<u>Fehlermöglichkeiten</u> . . . . .	204
<hr/>		
<b>7</b>	<b><u>Röntgentechnik – Diagnostikgeräte</u></b> . . . . .	<b>205</b>
7.1	<u>Röhrenstative</u> . . . . .	205
7.1.1	<u>Säulenstativ oder Bodenstativ</u> . . . . .	205
7.1.2	<u>Deckenstative</u> . . . . .	205
7.2	<u>Aufnahmetisch</u> . . . . .	206
7.3	<u>Wandstativ und vollautomatisches Thoraxaufnahmestativ</u> . . . . .	206
7.4	<u>Fahrbarer Einkesselgenerator</u> . . . . .	208
7.5	<u>Stereoradiographie</u> . . . . .	210
7.6	<u>Slot-Technik (Schlitztechnik)</u> . . . . .	211
7.7	<u>Tomographie</u> . . . . .	212
7.7.1	<u>Verwischungsfiguren</u> . . . . .	212
7.7.2	<u>Schichtdicke</u> . . . . .	213
7.7.3	<u>Zonographie</u> . . . . .	214
7.7.4	<u>Schichtgeräte</u> . . . . .	215
7.7.5	<u>Einsatz tomographischer Methoden</u> . . . . .	217
7.7.6	<u>Belichtungsautomatik bei der Tomographie</u> . . . . .	220
7.7.7	<u>Simultanschichtuntersuchung</u> . . . . .	220
7.7.8	<u>Ausgleichsfilter für Hilusschichten</u> . . . . .	220
7.7.9	<u>Transversaltomographie</u> . . . . .	221
7.7.10	<u>Pantomographie</u> . . . . .	222
<hr/>		
<b>8</b>	<b><u>Röntgentechnik – Durchleuchtung</u></b> . . . . .	<b>223</b>
8.1	<u>Röntgendurchleuchtungsgerät</u> . . . . .	223
8.1.1	<u>Zielgerät</u> . . . . .	224
8.1.2	<u>Automatische Tiefenblende</u> . . . . .	226
8.1.3	<u>Vorgänge am Gerät bei der Zielaufnahme</u> . . . . .	226
8.1.4	<u>Zielgeräte mit Magazintechnik</u> . . . . .	227
8.2	<u>Fernbediente Röntgendurchleuchtungsgeräte</u> . . . . .	227
8.3	<u>Bildübertragung bei der Durchleuchtung</u> . . . . .	228
8.3.1	<u>Physiologische Grundlagen bei der Betrachtung des Durchleuchtungsbildes</u> . . . . .	228
8.3.2	<u>Bildübertragung mit dem Leuchtschirm</u> . . . . .	230
8.3.3	<u>Röntgen-Bildverstärker-Fernseh-Durchleuchtung – Röntgenfernsehen</u> . . . . .	230

8.4	<u>Röntgenbildverstärker</u> . . . . .	232
8.4.1	Aufbau des Bildverstärkers . . . . .	232
8.4.2	Formate des Bildverstärkers . . . . .	234
8.4.3	Elektronenoptische Vergrößerung. . . . .	235
8.4.4	Automatische Formateinblendung . . . . .	235
8.4.5	Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Bildverstärkers . . . . .	236
8.4.6	Störabstand oder Signal-Rausch-Verhältnis. . . . .	236
8.4.7	Quantenrauschen am Bildverstärker, Quantenwirkungsgrad . . . . .	236
8.4.8	Modulationsübertragungsfunktion des Bildverstärkers . . . . .	237
8.4.9	Konversationsfaktor und Bildübertragungs- kennlinien . . . . .	237
8.4.9.1	Konversationsfaktor. . . . .	237
8.4.9.2	Kennlinien . . . . .	238
8.5	<u>Fernsehanlage</u> . . . . .	238
8.5.1	Linsenoptik. . . . .	238
8.5.2	Fiberglasoptik. . . . .	238
8.5.3	Fersekamera . . . . .	239
8.5.4	Zeilensprungverfahren . . . . .	241
8.5.5	Fernsehzentrale. . . . .	241
8.5.6	Sichtgerät oder Monitor. . . . .	242
8.5.7	Kontrast- und Helligkeitsregulierung des Monitors. . . . .	242
8.5.8	Automatische Helligkeitskonstanthaltung und Dosisleistungsautomatik . . . . .	242
8.5.8.1	Automatische Signalstromregelung, automatische Empfindlichkeitsregelung und Dosisleistungsregelung . . . . .	243
8.5.8.2	Teilentnahme der Signale zur Dosisleistungsregelung . . . . .	244
8.5.8.3	Dosisleistungsregelung . . . . .	245
8.5.9	Fernsehanlagen mit Leuchtschirm und Spiegeloptik. . . . .	245
8.6	<u>Modulationsübertragungsfunktion (MÜF) des Fernsehübertragungssystems</u> . . . . .	246
8.7	<u>Elektronische Bildspeicherung</u> . . . . .	247
8.7.1	Anwendungsgebiete der elektronischen Bandspeicherung . . . . .	248
8.7.1.1	Einzelbildspeicher. . . . .	248
8.7.1.2	Bandspeicher. . . . .	251
8.7.2	Vorteile der Bildbandspeicherung . . . . .	252



8.8	<u>Mittelformatkameratechnik oder indirekte Aufnahmetechnik (Spot-Film-Technik)</u> . . . . .	253
8.9	<u>Röntgenkinematographie</u> . . . . .	255
8.10	<u>Vergleich der Dosis bzw. Dosisleistung der Bildwiedergabesysteme.</u> . . . . .	256
<hr/>		
<b>9</b>	<b><u>Spezialaufnahmegeräte</u></b> . . . . .	<b>258</b>
9.1	<u>Angiographie – Arbeitsplätze und Aufnahmemöglichkeiten</u> . . . . .	258
9.1.1	Spezialarbeitsplätze für die Angiographie. . . . .	259
9.1.2	Hochdruckspritzen. . . . .	262
9.1.3	Lochkartenprogrammierung . . . . .	264
9.2	<u>Schädelaufnahmegeräte und neurologische Untersuchungsgeräte.</u> . . . . .	265
9.2.1	Schädelaufnahmegeräte. . . . .	265
9.2.2	Pneumenzephalographiegeräte . . . . .	266
9.3	<u>Urologische Untersuchungseinheit mit Steinertrümmerungsgerät (Lithotriptor)</u> . . . . .	266
9.4	<u>Mammographie</u> . . . . .	268
9.4.1	Mammographie – Zusatzgeräte . . . . .	268
9.4.2	Mammographie – Spezialgeräte. . . . .	269
9.4.2.1	Molybdän-Anode . . . . .	269
9.4.2.2	Konstruktion der Mammographiegeräte . . . . .	270
9.4.2.3	Aufnahmeeinstellungen . . . . .	271
9.4.2.4	Mammographiefilme . . . . .	273
9.4.2.5	Rastermammographie . . . . .	273
9.4.3	Elektroradiographie . . . . .	274
9.4.4	Zusatzuntersuchungen . . . . .	276
9.4.4.1	Die Pneumozystographie . . . . .	276
9.4.4.2	Galaktographie . . . . .	276
9.5	<u>Röntgenuntersuchung der Zähne.</u> . . . . .	277
9.5.1	Regeln für die Aufnahme. . . . .	277
9.5.1.1	Vertikale Einstellung . . . . .	278
9.5.2	Panoramaaufnahme. . . . .	279
9.6	<u>Röntgeneinrichtung im Operationssaal.</u> . . . . .	280
9.6.1	Fahrbares Röntgendurchleuchtungsgerät . . . . .	280
9.6.2	Festinstallierte Röntgeneräte . . . . .	280
9.6.3	Spezialgerät zur intraoperativen Nierenröntgenographie. . . . .	281
9.6.4	Umlagerungsfreies Transportsystem für Unfallverletzte . . . . .	281
9.7	<u>Schirmbildtechnik.</u> . . . . .	283

9.7.1	Moderne Bildaufnahmemethoden für Reihenuntersuchungen . . . . .	284
9.7.1.1	Großbildverstärker . . . . .	284
9.7.1.2	Thoraxaufnahmetechnik mit einem Linearbildverstärker . . . . .	285
9.8	<u>Kymographie</u> . . . . .	286
9.8.1	Flächenkymographie . . . . .	286
9.8.2	Stufenkymographie . . . . .	287
9.8.3	Polygraphie . . . . .	287
9.9	<u>Röntgenuntersuchungsgeräte für Kinder</u> . . . . .	288
9.9.1	„Babix“-Cellonhülle . . . . .	288
9.9.2	Aufnahmestativ für die Kinderdiagnostik . . . . .	289
9.9.3	Spezielle Röntgengeräte . . . . .	289
9.10	<u>Chromberg-Methode</u> . . . . .	289
9.11	<u>Thermographie</u> . . . . .	291
9.11.1	Elektronische Thermographie . . . . .	291
9.11.2	Plattenthermographie . . . . .	293

---

<b>10</b>	<b>Digitale Radiographie</b> . . . . .	<b>295</b>
10.1	<u>Methoden</u> . . . . .	295
10.1.1	Direkte oder nichtrekonstruktive Methoden . . . . .	295
10.1.2	Rekonstruktive digitale Methoden . . . . .	297
10.2	<u>Einführung in die digitale Datenverarbeitung</u> . . . . .	298
10.2.1	Das binäre System . . . . .	298
10.2.2	Bildwiedergabe in einer Matrix (Raster) . . . . .	299
10.2.3	Schwarzweiß-Matrix-Bilder ohne Grauabstufung (Ortsauflösung) . . . . .	300
10.2.4	Schwarzweiß-Matrix-Bilder mit Grauabstufungen (Speichertiefe oder Kontrastauflösung) . . . . .	301
10.2.5	Möglichkeiten der digitalen Bildverarbeitung . . . . .	302
10.3	<u>Filtertechniken</u> . . . . .	303
10.3.1	<u>Ortsfiltertechnik</u> . . . . .	303
10.3.1.1	Bildintensitätstransformation oder Fenstertechnik . . . . .	303
10.3.1.2	Hochpaßfilter – isolierte Kantenanhebung . . . . .	304
10.3.1.3	Unschärfe Maskentechnik . . . . .	304
10.3.1.4	Tiefpaßfilter - Kantenglättung . . . . .	305
10.3.2	Rauschfilterung . . . . .	305
10.3.3	Subtraktionsfiltertechnik . . . . .	305
10.3.3.1	Die Zeitsubtraktion – DSA . . . . .	305

10.3.3.2	Funktions- oder Parameterbilder . . . . .	309
10.3.3.3	Energiesubtraktion . . . . .	310
10.3.4	Artefakte bei der Bildserienverarbeitung . . . . .	311
10.4	<u>Bilddaten</u> . . . . .	311
10.4.1	Rohdaten und Bilddaten . . . . .	311
10.4.2	Digitale Bildspeicherung und digitales Bildarchiv . . . . .	311
10.4.2.1	Zwischenspeicher . . . . .	312
10.4.2.2	Endspeicher . . . . .	312
10.4.2.3	Vorteile des digitalen Bildarchivs . . . . .	314
10.4.3	Bilddatenvolumen . . . . .	315
10.4.3.1	Computertomographie . . . . .	315
10.4.3.2	Digitale Fluoroskopie und digitale Subtraktionsangiographie . . . . .	316
10.4.3.3	Digitale Lumineszenzangiographie . . . . .	316
10.4.4	Bilddatenkompression . . . . .	316
10.4.4.1	Datenkompressionsquotient . . . . .	318
10.4.4.2	Datenverlust bei der Bilddatenkompression . . . . .	318
10.5	<u>Dokumentation</u> . . . . .	320
10.5.1	Multiformatkamera (Multiformat Imager) – Analogdokumentation . . . . .	320
10.5.3	Laserkamera (Laser Imager) – Digitaldokumentation . . . . .	321
10.6	<u>Filmdigitalisierer – Filmdigitizer</u> . . . . .	323
10.7	<u>Bildarchiv und Dokumentationssystem PACS (Picture Archiving and Communication System)</u> . . . . .	324
10.7.1	Informations- und Managementsystem IMS (Information Management System) . . . . .	326
10.7.2	Radiologisches Informationssystem RIS (Radiologic Information System) . . . . .	326
10.7.3	Informations-Speichersystem ISS (Information Store System) . . . . .	326
10.7.4	Bildarbeitsplatz DRC (Diagnostic Reporting Console) . . . . .	327
10.7.5	Transparentfilmausgabe – Hardcopyausgabe . . . . .	328
10.7.6	FDDI – Fiber Distributed Data Interface . . . . .	329
10.8	<u>Bildgebende Geräte mit digitaler Bildverarbeitung</u> . . . . .	329
10.8.1	Digitale Lumineszenzradiographie (DLR) . . . . .	329
10.8.1.1	Technik . . . . .	329
10.8.1.2	Die Speicherfolie und ihre Bearbeitung . . . . .	330
10.8.1.3	Bildverarbeitung . . . . .	331
10.8.1.4	Vorteile der DLR . . . . .	332

10.8.2	<u>Digitale Fluoroskopie (DF) – Digital Fluorographic Imaging (DFI)</u> . . . . .	335
10.8.3	<u>Digitale Subtraktionsangiographie (DSA)</u> . . . . .	336
10.8.3.1	Kontinuierlicher Betrieb. . . . .	337
10.8.3.2	Gepulster Betrieb . . . . .	338
10.8.3.3	EKG-Triggerung oder herzphasengesteuerter Betrieb. . . . .	339
10.8.3.4	Subtraktion integrierter Bilder, Maskenaufnahmetechnik. . . . .	340
10.8.3.5	Zeitintervallverfahren (Time Interval Difference, TID). . . . .	340
10.8.3.6	Phasensynchrone Subtraktion . . . . .	340
10.8.3.7	Nachbearbeitung von DSA-Bildern. . . . .	341
10.8.3.8	Quantitative Auswertung . . . . .	342
<hr/>		
<b>11</b>	<b><u>Computertomographie (CT)</u></b> . . . . .	<b>343</b>
11.1	<u>Allgemeines</u> . . . . .	343
11.2	<u>Die Untersuchungseinheit</u> . . . . .	347
11.2.1	Patientenlagerungstisch . . . . .	347
11.2.2	Bedienpult und unabhängige Auswerteeinheit . . . . .	348
11.2.3	Hochspannungsgenerator . . . . .	348
11.2.4	Gantry . . . . .	348
11.2.4.1	Lichtvisier . . . . .	349
11.2.4.2	Röntgenröhre . . . . .	349
11.2.4.3	Detektoren . . . . .	349
11.2.5	Rechner oder Computer . . . . .	350
11.2.5.1	Rechenprogramm. . . . .	350
11.3	<u>Aufnahmebetrieb</u> . . . . .	351
11.3.1	Erforderliche Strahlendosis – Signal-Rausch-Verhältnis . . . . .	351
11.3.2	Meßwerte und Meßprofile . . . . .	351
11.3.3	Aufnahmezeiten . . . . .	352
11.4	<u>Verfahren der Bildrekonstruktion</u> . . . . .	352
11.4.1	Rekonstruktionsmatrix und Schichtdicke . . . . .	352
11.4.2	Bildrekonstruktion . . . . .	354
11.4.2.1	Verfahren . . . . .	354
11.4.2.2	Bildrekonstruktionszeit . . . . .	354
11.4.3	Fehlerkorrekturen . . . . .	354
11.5	<u>Bildwiedergabe</u> . . . . .	355
11.5.1	Absorptionsmessung bzw. Dichtemessung, Hounsfield-Einheit (HE) . . . . .	355
11.5.2	Vereinfachte Bezeichnung der Dichtewerte . . . . .	356
11.5.3	Fenstertechnik und Grauskala . . . . .	356

11.5.3.1	Helltastung (Highlighting) . . . . .	359
11.5.3.2	Multifenster-Technik . . . . .	359
11.6	<u>Bildauflösung</u> . . . . .	359
11.6.1	Dichteauflösung – Niedrigkontrast (Low Contrast, LC) . . . . .	359
11.6.2	Räumliche Auflösung – Hochkontrast (High Contrast, HC) . . . . .	359
11.6.3	Partial Volume Effect . . . . .	360
11.7	<u>Zusatzinformationen</u> . . . . .	360
11.7.1	Region of Interest (ROI) – Bereich des Interesses . . . . .	360
11.7.2	Flächenbestimmung . . . . .	360
11.7.3	Distanzen und Winkel . . . . .	360
11.7.4	Messung der Dichtewerte . . . . .	361
11.7.5	Dichteprofile und Histogramm . . . . .	361
11.7.6	Raster . . . . .	362
11.7.7	Vergrößerung . . . . .	362
11.7.7.1	Interpolationsverfahren . . . . .	362
11.7.7.2	Sektorschichtverfahren . . . . .	362
11.7.8	EKG-Triggerung . . . . .	362
11.7.9	Filterverfahren – Kantenanhebung . . . . .	363
11.7.9.1	Subtraktion . . . . .	363
11.7.9.2	Bezeichnung der Position im Monitorbild . . . . .	363
11.7.9.3	Therapieplanung . . . . .	363
11.8	<u>Multiplanare Rekonstruktionsverfahren</u> . . . . .	363
11.9	<u>Digitales Projektionsradiogramm – rekonstruierte Übersichtsaufnahme</u> . . . . .	364
11.10	<u>Speicher und Archiv</u> . . . . .	365
11.11	<u>Artefakte</u> . . . . .	366
11.12	<u>Qualität des Computertomogramms</u> . . . . .	367
11.12.1	Stabilität des Aufnahmesystems . . . . .	367
11.12.2	Zahl der Meßwerte . . . . .	367
11.12.3	Geeignete Aufnahmedosis . . . . .	367
11.12.4	Bildrauschen . . . . .	367
11.12.5	Auflösungsvermögen . . . . .	368
11.13	<u>CT-Sonderprogramme</u> . . . . .	368
11.13.1	Bestimmung des Mineralsalzgehaltes im Knochen . . . . .	368
11.13.1.1	Phantomvergleichsmessung . . . . .	368
11.13.1.2	Densitometrie mit dem Zweispektrenverfahren . . . . .	369
11.13.2	Bestimmung der Hirndurchblutung mit dem Xenon-CT . . . . .	369
11.13.3	3D-Darstellung . . . . .	369

11.14	<u>Dosis und Strahlenbelastung bei der Computertomographie</u> .....	370
11.15	<u>Technische Daten der Computertomographie</u> .....	372
<hr/>		
<b>12</b>	<b>Magnetresonanzverfahren (MR-Verfahren)</b> .....	<b>374</b>
12.1	<u>Grundlagen des Kernspinresonanzverfahrens</u> .....	374
12.1.1	<u>Eigendrehimpulse von Atomkernen (Kernspins)</u> ....	374
12.1.2	Ausrichtung von Kernspins durch äußere Magnetfelder .....	375
12.1.3	Präzessionsfrequenz .....	376
12.1.4	Wirkung von Hochfrequenzwellen auf ausgerichtete Kernspins .....	377
12.1.5	Kernrelaxation .....	378
12.2	<u>Magnetresonanzverfahren in der Medizin</u> .....	379
12.3	<u>Aufbau der Kernspintomographen oder des Magnetresonanztomographen</u> .....	380
12.3.1	Magnete .....	380
12.3.2	Gradientenspulen .....	382
12.3.3	Hochfrequenzsystem .....	383
12.3.3.1	Selektive Schichtwahl .....	384
12.3.4	Prozeßrechner .....	384
12.3.5	Magnetresonanzbilder .....	385
12.3.6	Aufnahmetechniken (Pulssequenzen) .....	386
12.3.7	Anwendung von Kontrastmitteln beim MR-Verfahren .....	386
12.3.8	Vorgehen bei der MR-Diagnostik .....	387
<hr/>		
<b>13</b>	<b>Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik</b> .....	<b>389</b>
13.1	<u>„Ärztliche oder zahnärztliche Stelle“</u> .....	389
13.2	<u>Wichtige Begriffe (DIN 6868 Teil 1)</u> .....	389
13.3	<u>Filmverarbeitungskontrolle</u> .....	390
13.3.1	Vorbereitung .....	391
13.3.2	Durchführung .....	391
13.3.3	Auswertung (DIN 6868 Teil 2) .....	392
13.3.3.1	Schleier und Unterlage .....	392
13.3.3.2	Empfindlichkeitsindex .....	393
13.3.3.3	Kontrastindex .....	393
13.3.3.4	Häufigkeit der optischen Dichtemessung .....	393
13.3.3.5	Toleranzbereiche .....	393
13.3.3.6	Entwicklertemperatur .....	393
13.3.3.7	Dunkelraumbeleuchtung .....	393
13.4	<u>Konstanzprüfung (RÖV § 16,2)</u> .....	393

13.4.1	Konstanzprüfung bei der Direktradiographie (DIN 6868 Teil 3) . . . . .	394
13.4.1.1	Bestandteile der Prüfeinrichtung . . . . .	394
13.4.1.2	Gleiche Prüfvoraussetzungen . . . . .	394
13.4.1.3	Ablauf der Konstanzprüfung . . . . .	395
13.4.2	Konstanzprüfung an Röntgenbildverstärkern (DIN 6868 Teil 4) . . . . .	396
13.4.2.1	Bestandteile der Prüfeinrichtung . . . . .	396
13.4.2.2	Gleiche Prüfvoraussetzungen . . . . .	397
13.4.2.3	Ablauf der Konstanzprüfung . . . . .	397
13.4.2.4	Konstanzprüfung an Untertisch-BV-Geräten . . . . .	397
13.4.2.5	Konstanzprüfung an Übertisch-BV-Geräten . . . . .	397
13.4.2.6	Aufnahmen mit dem Durchleuchtungsgerät . . . . .	397
13.5	<u>Abnahmeprüfung (RöV § 16,1)</u> . . . . .	399
13.6	<u>Zustandsprüfung</u> . . . . .	399

---

<b>14</b>	<b>Ultraschalldiagnostik</b> . . . . .	<b>400</b>
14.1	<u>Verhalten der Schallwellen in der Materie</u> . . . . .	400
14.1.1	Schallwellengeschwindigkeit $c$ . . . . .	400
14.1.2	Schallwellenwiderstand $Z$ . . . . .	401
14.1.3	Reflexion . . . . .	402
14.1.4	Brechung . . . . .	402
14.1.5	Streuung . . . . .	402
14.1.6	Absorption . . . . .	403
14.1.7	Beugung . . . . .	403
14.2	<u>Erzeugung und der Empfang von Schallwellen</u> . . . . .	403
14.2.1	Schallfeld . . . . .	404
14.2.2	Auflösungsvermögen . . . . .	404
14.2.3	Zeitabhängige Verstärkung (TCG = Time Compensated Grain) . . . . .	404
14.3	<u>Impulsechoverfahren – A-Bildverfahren</u> ( $\bar{A}$ = Amplitude) – A-Scanverfahren . . . . .	405
14.4	<u>B-Bildverfahren (B = Brightness),</u> B-Scanverfahren . . . . .	407
14.5	<u>Realtimescan (Sofortbildverfahren)</u> . . . . .	407
14.5.1	Sektorscanner . . . . .	407
14.5.2	Linearscanner . . . . .	408

---

<b>15</b>	<b>Röntgenographische Projektionen und ihre Bezeichnungen</b> . . . . .	<b>410</b>
15.1	<u>Seitenmarkierung</u> . . . . .	410

---

<b>16</b>	<b>Kontrastmittel (KM)</b> .....	<b>413</b>
16.1	<u>Wasserlösliche Kontrastmittel</u> .....	413
16.1.1	Physikalische und chemische Eigenschaften wasserlöslicher KM .....	416
16.1.2	Beeinflussung der Schilddrüsenfunktion durch KM .....	416
16.1.3	Nephrotrope Kontrastmittel .....	417
16.1.4	Kinetik nephrotroper Kontrastmittel .....	417
16.1.5	Nichtionische nephrotrope KM .....	419
16.1.6	KM bei der Computertomographie .....	421
16.1.7	KM für die Myelographie .....	421
16.1.8	Intravenöse gallengängige (hepatotrope) KM .....	421
16.1.9	Orale hepatotrope KM .....	422
16.1.10	Wasserlösliches KM zur Untersuchung des Magen-Darm-Traktes .....	422
16.2	<u>Wasserunlösliche Kontrastmittel</u> .....	423
16.2.1	KM für die Lymphographie .....	423
16.2.2	KM für die Bronchographie .....	423
16.2.3	KM zur Untersuchung des Magen-Darm-Traktes ...	423
16.3	<u>Übersicht der Kontrastmittel</u> .....	423
16.4	<u>Schäden und Gefahren durch intravenös injiziertes KM</u> .....	428
16.4.1	Ursachen von Kontrastmittelzwischenfällen .....	430
16.5	<u>Vortestung</u> .....	430
16.6	<u>Allgemeinreaktionen</u> .....	430
16.7	<u>Empfehlungen für die intravenöse Kontrast- mitteluntersuchung</u> .....	431
16.8	<u>Kontrastmittelzwischenfall</u> .....	431
<hr/>		
<b>17</b>	<b>Kontrastmitteluntersuchung</b> .....	<b>435</b>
17.1	<u>Kontrastmitteluntersuchungen des Verdauungstraktes</u> .....	435
17.1.1	Ösophagogramm .....	435
17.1.2	Magen-Darm-Passage .....	435
17.1.3	Röntgenuntersuchung des Dickdarms – Kontrasteinlauf .....	438
17.1.3.1	Kontrasteinlauf bei Kindern .....	440
17.1.4	Kontrastmitteluntersuchungen der Gallenwege .....	440
17.1.4.1	Kontraktion der Gallenblase .....	441
17.1.4.2	Spätaufnahmen .....	441
17.1.4.3	Orale Darstellung .....	441
17.1.4.4	Intraoperative Cholangiographie .....	441
17.1.4.5	Postoperative Cholangiographie .....	441



17.1.4.6	Perkutane transhepatische Cholangiographie . . . . .	441
17.1.4.7	Transjugulare Cholangiographie . . . . .	442
17.2	<u>Ausscheidungsurogramm</u> . . . . .	442
17.2.1	Ausscheidungsurographie und ihre Varianten . . . . .	443
17.2.1.1	Ausscheidungsurogramm . . . . .	443
17.2.1.2	Harnleiterkompression . . . . .	444
17.2.1.3	Infusionsurographie . . . . .	444
17.2.1.4	Aufnahme im Stehen und Veratmungsurogramm . . . . .	444
17.2.1.5	Frühurogramm . . . . .	444
17.2.1.6	Belastungsurogramm . . . . .	444
17.2.1.7	„Wash-out“-Urogramm . . . . .	445
17.2.1.8	Tonographie und Zomographie . . . . .	445
17.2.1.9	Retrogrades Pyclogramm . . . . .	445
17.2.1.10	Pneumopyedographie . . . . .	446
17.2.2	Ureterschlinge . . . . .	446
17.2.3	Ausscheidungsprogramm bei Kindern . . . . .	446
17.3	<u>Untersuchung der Harnblase und der Harnröhre</u> . . . . .	447
17.3.1	Zystogramm beim Erwachsenen . . . . .	447
17.3.2	Zystogramm bei Kindern . . . . .	447
17.3.3	Refluxprüfung . . . . .	447
17.3.4	Retrogrades Urethrogramm . . . . .	448
17.3.5	Miktionszystourethrogramm . . . . .	448
17.3.6	Nierenfistelfüllung mit Ureterablaufprüfung . . . . .	448
17.3.7	Intraoperative Nierenröntgenaufnahme . . . . .	449
17.3.8	Vaso-Vesiculogramm . . . . .	449
17.4	<u>Seltene Kontrastmitteluntersuchungsmethoden</u> . . . . .	449
17.4.1	Bronchographie . . . . .	449
17.4.1.1	Kontrastmittel . . . . .	450
17.4.1.2	Narkosebronchiographie . . . . .	451
17.4.2	Arthrographie . . . . .	452
17.4.3	Sialographie . . . . .	452
17.4.4	Hysterosalpingographie . . . . .	453
17.4.5	Galaktographie . . . . .	453
17.4.6	Dakryozystographie . . . . .	453
17.4.7	Fistulographie . . . . .	453
17.5	<u>Kontrastmitteluntersuchung des Rückenmarks und Zentralnervensystems</u> . . . . .	454
17.5.1	Myelographie . . . . .	454
17.5.2	Pneumenzephalographie . . . . .	455
17.5.3	Gasventrikulographie . . . . .	456
17.6	<u>Gefäßdarstellung – Angiographie – Allgemeines</u> . . . . .	456
17.6.1	Technik der Arteriographie . . . . .	456

17.6.1.1	Seldinger-Methode	457
17.6.1.2	Selektive Arteriographie	457
17.6.2	Katheter	459
17.6.3	Kathetermethode nach HETTLER	463
17.6.4	Technik der Kathetereinführung	464
17.6.5	Karotisarteriographie und Vertebralis-arteriographie	465
17.6.5.1	Arteria carotis interna	465
17.6.5.2	Arteria carotis externa	466
17.6.5.3	Arteria vertebralis	466
17.6.6	Angiokardiographie	466
17.6.6.1	Venöse Angiokardiographie	466
17.6.6.2	Dextrokardiographie	467
17.6.6.3	Pulmonalarteriographie	467
17.6.6.4	Lävokardiographie	467
17.6.6.5	Koronarographie	467
17.6.7	Aortographie und selektive Organ-Arteriographie	468
17.6.7.1	Thorakale Aortographie	468
17.6.7.2	Abdominale Aortographie	468
17.6.7.3	Selektive Aortographie	469
17.6.8	Arteriographie der unteren Extremitäten	470
17.6.9	Arteriographie der oberen Extremitäten	470
17.6.9.1	Arteria subclaria	470
17.6.9.2	Arteria axillaris	471
17.6.9.3	Arm- und Handarteriographie	471
17.6.10	Phlebographie	471
17.6.10.1	Arm und Hand	471
17.6.10.2	Bein	471
17.6.10.3	Becken und Vena cava	472
17.6.11	Splenoportographie	473
17.6.12	Lymphographie	473
17.6.12.1	Röntgenaufnahmen	475
17.6.12.2	Kinder	476
17.7	Untersuchungstechnik der DSA	476
17.7.1	Intravenöse digitale Subtraktionsangiographie	482
17.7.2	Intraarterielle digitale Subtraktionsangiographie	483
17.8	<u>Rekanalisation eingengter Arterien mit dem Dilatationskatheter</u>	483
17.9	<u>Arterielle Gefäßokklusionen</u>	485
<b>18</b>	<b>Dosis</b>	<b>486</b>
18.1	<u>Energiedosis (DIN 6814 Bl.3)</u>	486
18.2	<u>Kerma (DIN 6814 Bl. 2)</u>	488

18.3	<u>Ionendosis</u> .....	488
18.3.1	<u>Sekundärelektronenaustausch zwischen Meßvolumen und Umgebung</u> .....	489
18.3.2	Standardionendosis .....	489
18.3.3	Hohlraumdosis .....	490
18.3.4	Luftäquivalentes Gewebe .....	491
18.3.5	Nicht luftäquivalentes Gewebe .....	491
18.4	<u>Äquivalentdosis und Bewertungsfaktor</u> .....	492
18.5	<u>Relative Biologische Wirksamkeit – RBW</u> .....	493
18.6	<u>Dosismeßsysteme – Allgemeines</u> .....	495
18.7	<u>Messung der Ionisation</u> .....	495
18.7.1	Tubuskammern .....	496
18.7.2	Schlauchkammern .....	497
18.7.3	Verstärkungs- und Anzeigesystem .....	497
18.7.4	Radioaktive Kontrolleinrichtung .....	497
18.7.5	Meßmethode .....	497
18.7.5.1	Kontinuierliche und integrierende Messung der Ionisation .....	498
18.7.5.2	Kondensatormeßkammern .....	498
18.8	<u>Dosismeßgeräte</u> .....	499
18.8.1	Dosimeter .....	500
18.8.2	Kondiometer, Auflade- und Ablesegerät für Kondensatormeßkammern .....	501
18.8.3	Diameter .....	502
18.8.4	Füllhalterdosimeter oder Stabdosisimeter .....	505
18.8.5	Filmdosisimeter in der Strahlentherapie .....	505
18.8.6	Filmdosisimeter in der Strahlenschutz- überwachung (RöV § 40) .....	506
18.8.7	Thermolumineszenzdosisimeter (LiF oder CaF <sub>2</sub> ) ....	507
18.8.8	Fingerringdosisimeter .....	507
18.8.9	Radiophotolumineszenzdosisimeter (RPL) .....	508
18.8.10	Verfärbungs- und Extinktionsdosisimeter .....	509
18.8.11	Leitfähigkeitsdosisimeter (CdS und CdSe) .....	509
18.8.12	Chemodosimeter .....	509

---

<b>19</b>	<b>Strahleneinwirkung auf biologisches Gewebe</b> .....	<b>510</b>
19.1	<u>Strahlenwirkung – Grundlagen</u> .....	511
19.1.1	Direkte Strahlenwirkung – Treffertheorie .....	511
19.1.2	Indirekte Strahlenwirkung .....	511
19.1.3	Strahlenschäden .....	512
19.1.4	Aufbau der Desoxyribonucleinsäure (DNS) .....	513
19.1.5	Strahlenwirkung an Genen .....	514
19.1.6	Reparaturvorgänge an der DNS .....	515

19.1.7	Mutationen .....	516
19.2	<u>Strahlenempfindlichkeit von Zellen</u> .....	517
19.2.1	Generationszyklus der Zellen .....	517
19.2.1.1	Strahlenempfindlichkeit der Zelle im Regenerationszyklus .....	518
19.2.2	Letale und subletale Zellschäden .....	518
19.2.2.1	LET-Faktor und der Grad der Zellschädigung .....	518
19.2.2.2	Zellerholungsvorgänge nach Bestrahlungen .....	518
19.2.2.3	Zellerholungsvorgänge in Abhängigkeit vom Generationszyklus .....	518
19.2.2.4	Zellerholungsvorgänge in Abhängigkeit von der Repopulation .....	518
19.2.2.5	Einzeitbestrahlung und fraktionierte Bestrahlung ...	518
19.2.3	Wirkung der Dosisfraktionierung an normalen Zellen und an Tumorzellen .....	519
19.2.4	Wirkung der Dosisprotrahierung an normalen Zellen und an Tumorzellen .....	520
19.2.5	Sauerstoffeffekt .....	520
19.2.5.1	Split-Course-Technik .....	521
19.2.6	Behandlungsmöglichkeiten zur Abtötung hypoxischer Zellen .....	521
19.2.7	Strahlenwirkung auf wachsendes Tumorgewebe ...	521
19.2.8	Hyperthermie .....	522
19.3	<u>Strahlenwirkung auf den menschlichen Körper</u> .....	522
19.3.1	Größe des durchstrahlten Körpervolumens .....	523
19.3.1.1	Strahlenkrankheit .....	523
19.3.2	Organschäden nach Teilbestrahlung .....	524
19.3.3	Strahlenwirkung auf die Haut .....	529
19.3.4	Spätfolgen nach überhöhter Strahleneinwirkung .....	530
19.4	<u>Strahlenbehandlung gutartiger Erkrankungen</u> .....	531
19.5	<u>Tumoren – Begriffe</u> .....	532
19.6	<u>Charakteristische Eigenschaften von Tumoren</u> .....	532
19.7	<u>Strahlensensibilität von Tumoren</u> .....	533
19.8	<u>Strahlenwirkung an gesunden und bösartigen Zellen</u> .....	533
<hr/>		
<b>20</b>	<b>Strahlentherapie</b> .....	<b>535</b>
20.1	<u>Einteilung der Strahlentherapie</u> .....	535
20.2	<u>Strahlentherapie und ihre Anwendung</u> .....	536
20.3	<u>Feststehende Begriffe der Strahlentherapie</u> .....	536
20.4	<u>Dosisbegriffe in der Strahlentherapie</u> .....	537
20.4.1	<u>Tiefendosisverläufe</u> .....	538

20.4.1.1	Das Tiefendosismaximum (Aufbaueffekt) bei energiereicher Photonenstrahlung . . . . .	539
20.4.1.2	Tiefendosisverläufe bei Elektronenstrahlung . . . . .	540
20.4.2	Austrittsdosis . . . . .	542
20.4.3	Raum- oder Integraldosis . . . . .	542
20.4.4	Herdraumdosis . . . . .	542
20.4.5	Isodosendiagramm . . . . .	543
20.5	<u>Faktoren, die die Dosisverteilung beeinflussen</u> . . . . .	543
20.5.1	Strahlenart . . . . .	543
20.5.2	Strahlenenergie bei Photonenstrahlung . . . . .	544
20.5.3	Feldgröße . . . . .	544
20.5.4	Feldbegrenzung (Halbschatten) . . . . .	544
20.5.5	Fokus-Haut-Abstand (FHA) . . . . .	545
20.5.6	Filter . . . . .	546
20.5.6.1	Halbwertschichtdicke und Röhrenspannung . . . . .	546
20.5.6.2	Halbwerttiefe . . . . .	547
20.5.7	Keilfilter . . . . .	547
20.5.8	Ausgleichfilter . . . . .	548
20.5.9	Körperinhomogenitäten . . . . .	548
20.6	<u>Therapiegeräte</u> . . . . .	548
20.6.1	<u>Röntgeneinrichtungen für die Oberflächen- und Körperhöhlentherapie</u> . . . . .	549
20.6.1.1	Generatoren . . . . .	551
20.6.2	Die Therapie mit ultraharter Strahlung, Supervolttherapie . . . . .	551
20.6.2.1	Tiefendosiskurven und Aufbaueffekt bei energiereicher Strahlung . . . . .	552
20.6.3	Telegammatherapie . . . . .	553
20.6.3.1	Kobalttherapie . . . . .	554
20.6.3.2	Sicherheitsmaßnahmen . . . . .	555
20.6.4	Teilchenbeschleuniger . . . . .	557
20.6.4.1	Betatron . . . . .	557
20.6.4.2	Linearbeschleuniger . . . . .	558
20.6.4.3	Neutronentherapieanlagen . . . . .	561
20.6.4.4	Protonen- und Deuteronentherapieanlagen . . . . .	562
20.7	<u>Therapiesimulator</u> . . . . .	564
20.8	<u>Bestrahlungsmethoden der Tiefentherapie</u> . . . . .	565
20.8.1	Körperhomogenitäten . . . . .	565
20.8.2	Einzelstehfeldbestrahlung . . . . .	566
20.8.3	Gegenfeldbestrahlung . . . . .	566
20.8.4	Mehrfelderbestrahlung – Kreuzfeuerbestrahlung . . . . .	566
20.8.5	Bewegungsbestrahlung und Methoden . . . . .	567
20.8.5.1	Methoden der Pendelbestrahlung . . . . .	568

20.8.6	Nominale Standarddosis (Ellis-Formel, 1971) . . . . .	572
20.8.6.1	Normalgewebe . . . . .	572
20.8.6.2	Kritische Organe . . . . .	574
20.8.7	Einstellhilfen . . . . .	574
20.8.8	Lagerung des Patienten . . . . .	576
20.9	<u>Bestrahlungsplanung</u> . . . . .	577
20.9.1	Diagnose . . . . .	577
20.9.2	Stadieneinteilung von Tumoren . . . . .	579
20.9.3	Stadieneinteilung von malignen Lymphomen . . . . .	579
20.9.4	Interdisziplinäre Konferenz . . . . .	580
20.9.4.1	Ablauf der Bestrahlungsvorbereitungen . . . . .	580
20.9.5	Lokalisation mit Röntgendurchleuchtungsgeräten . . . . .	580
20.9.6	Lokalisation mit dem Therapiesimulator . . . . .	581
20.9.7	Lokalisation mit dem Computertomographen . . . . .	581
20.9.8	Lokalisation mit dem Ultraschallgerät . . . . .	581
20.9.9	Bestrahlungsplanung ohne Bestrahlungscomputer. . . . .	582
20.9.9.1	Herstellung der Körperumrißzeichnung . . . . .	582
20.9.10	Bestrahltes Körpervolumen . . . . .	583
20.9.11	Bestrahlungsplanung mit dem Bestrahlungs- computer . . . . .	585
20.9.11.1	Ablauf . . . . .	586
20.9.12	Kombination des Computertomographen mit dem Bestrahlungscomputer . . . . .	587
20.10	<u>Bestrahlungsprotokoll und andere schriftliche Unterlagen</u> . . . . .	587
20.11	<u>Strahlentherapiephantome</u> . . . . .	588
20.12	<u>Pflege und Behandlung der bestrahlten Haut</u> . . . . .	589
<hr/>		
<b>21</b>	<b>Therapie mit umschlossenen Radionukliden</b> . . . . .	<b>591</b>
21.1	<u>Kontakttherapie</u> . . . . .	591
21.2	<u>Interstitielle Therapie</u> . . . . .	592
21.3	<u>Intrakavitäre Therapie</u> . . . . .	593
21.3.1	Radiumkontaktbestrahlung . . . . .	593
21.3.2	Afterloadingverfahren . . . . .	595
21.3.2.1	Nachladegerät mit punktförmiger bewegter Iridiumquelle . . . . .	596
21.3.2.2	Nachladegerät mit stationärer Quelle . . . . .	597
<hr/>		
<b>22</b>	<b>Strahlenschutz – Allgemeines</b> . . . . .	<b>598</b>
22.1	<u>Gesetzliche Grundlagen</u> . . . . .	598
22.2	<u>Mit dem Strahlenschutz betraute Personen und Institutionen</u> . . . . .	598

22.2.1	Strahlenschutzverantwortlicher .....	598
22.2.2	Strahlenschutzbeauftragter .....	599
22.2.3	Stellung des Strahlenschutzverantwortlichen und des Strahlenschutzbeauftragten .....	599
22.2.4	Ermächtigter Arzt .....	600
22.2.5	Aufzeichnungspflicht bei Röntgenuntersuchungen ..	600
22.2.6	Aufbewahrungspflicht von Aufzeichnungen .....	601
22.2.7	Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik .....	601
22.2.8	Qualitätssicherung in der Strahlentherapie .....	602
22.2.9	Belehrung .....	602
22.3	<u>Strahlenschutzbereiche</u> .....	603
22.3.1	Sperrbereich .....	604
22.3.2	Kontrollbereich .....	604
22.3.3	Betrieblicher Überwachungsbereich .....	604
22.3.4	Außerbetrieblicher Überwachungsbereich .....	605
22.4	<u>Pflichten des Betreibers</u> .....	605
22.5	<u>Röntgenräume</u> .....	605
22.5.1	Zutritt zum Kontroll- und betrieblichen Überwachungsbereich .....	606
22.6	<u>Strahlenbelastung von im Kontrollbereich Tätigen</u> .....	606
22.6.1	Besondere Vorschriften für den Kontrollbereich .....	607
22.6.2	Dosiswerte für beruflich strahlenexponierte und besonders schutzbedürftige Personen .....	608
22.6.3	Ermittlung der Körperdosis .....	610
22.6.4	Ärztliche Überwachung von beruflich Exponierten .....	612
22.6.5	Dosisgrenzwerte für andere Personen .....	612
22.6.6	Anzeigepflicht bei Dosisüberschreitungen .....	613
22.6.7	Maßnahmen bei Bestrahlung mit erhöhter Einzeldosis .....	613
22.7	<u>Anwendung von Röntgenstrahlen</u> .....	613
22.7.1	Zur Anwendung von Röntgenstrahlen berechnigte Personen .....	613
22.7.2	Anwendungsgrundsätze .....	614
22.7.3	Röntgendurchleuchtung .....	614
22.7.3.1	Grundsätze .....	614
22.7.3.2	Fernbediente Durchleuchtungsgeräte .....	615
22.7.3.3	Chirurgische Bildverstärker .....	616
22.7.4	Röntgenaufnahmen .....	617
22.7.4.1	Grundsätze .....	617
22.7.4.2	Dosisbelastungen bei Röntgenaufnahmen .....	620

22.8	<u>Strahlenbelastung</u> . . . . .	621
22.8.1	<u>Höchstzulässige Dosis</u> . . . . .	621
22.8.2	<u>Natürliche Strahlung</u> . . . . .	622
22.8.3	<u>Vom Menschen künstlich erzeugte Strahlung</u> . . . . .	622
22.8.4	<u>Genetisch signifikante Dosis der Bevölkerung</u> . . . . .	623
22.9	<u>Anleitung zur Strahlenschutzbelehrung</u> . . . . .	625
<hr/>		
23	<b>SI-Einheiten</b> . . . . .	<b>627</b>
23.1	<u>Das Internationale Einheitensystem</u> . . . . .	627
23.2	<u>Abgeleitete SI-Einheiten mit besonderem Namen</u> . . .	629
23.3	<u>SI-Einheiten in der Strahlentherapie und im Strahlenschutz</u> . . . . .	633
<hr/>		
24	<b>Röntgen-Apparaterichtlinien der Kassenärztlichen Bundesvereinigung vom 8.1.1987</b> . . . . .	<b>638</b>
<hr/>		
25	<b>Erläuterungen der röntgentechnischen Symbole</b> . . . . .	<b>646</b>
<hr/>		
26	<b>Glossar für die Digitale Radiographie</b> . . . . .	<b>650</b>
<hr/>		
	<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	<b>653</b>
<hr/>		