

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 7. Auflage		25
1	Allgemeines	27
1.1	Zeittafel	27
1.2	Allgemeine Einleitung – Röntgendiagnostik	28
1.3	Umgang mit Patienten.....	30
2	Grundlagen	31
2.1	Elemente und Atome	32
2.2	Ionisation und Anregung	34
2.3	Energieübertragungen durch Elektronen – Erzeugung von Röntgenstrahlung	35
2.3.1	Charakteristische Röntgenstrahlung	35
2.3.2	Bremsstrahlung	38
2.3.3	Wärmeenergie	39
2.4	Schwächung der Photonenstrahlung im Körper	40
2.4.1	Photoeffekt	40
2.4.1.1	Absorption durch den Photoeffekt in der Röntgendiagnostik	42
2.4.2	Compton-Effekt.	46
2.4.2.1	Streuung in der Röntgendiagnostik	48
2.4.3	Paarbildungsprozeß	49
2.5	Zusammenfassung der Schwächung der Röntgenstrahlung (Photonen) in der Materie	50
2.5.1	Schwächungsvorgänge in Abhängigkeit von der Strahlenenergie	52
2.5.2	Gesamtschwächungskoeffizient.....	52
2.5.3	Projektionsbedingte Reduktion der Röntgenstrahlung ..	53
2.5.4	Aufhärtung	53
2.5.5	Halbwertschichtdicke – Homogenitätsgrad	54
2.5.6	Filter in der Röntgendiagnostik	56

2.6	Strahlenbild	57
2.7	Röntgenstrahlung und ihre Wirkungen	58
2.7.1	Lumineszenzeffekt	58
2.7.2	Ionisationseffekt	59
2.7.3	Photographischer Effekt	60
3	Film-Folien-System und Bildbearbeitung	61
3.1	Aufbau der Verstärkungsfolie	62
3.2	Leuchtstoffe	64
3.3	Empfindlichkeitsklassen und Spannungs- abhängigkeit.....	66
3.4	Abbildungsqualität von Folien.....	68
3.5	Abstimmung der Film-Folien-Kombination.....	69
3.6	Röntgenfilmkassetten.....	73
3.7	Kassetten-, Folienüberprüfung und Folienreinigung.....	74
3.8	Röntgenfilm – Allgemeines.....	75
3.8.1	Emulsion	78
3.8.2	Bildentstehung – Elektronenphase.....	79
3.8.3	Bildentstehung – Ionenphase.....	79
3.8.4	Entwicklung	80
3.8.5	Empfindlichkeit von Röntgenfilmen.....	81
3.8.6	Dunkelraumbeleuchtung.....	81
3.8.7	Häufigst benutzte Filmformate bei Skelett- und Nativaufnahmen.....	83
3.8.8	Filmkennzeichnung	83
3.8.8.1	Aufbelichtungseinrichtungen	83
3.8.9	Filmbearbeitung	85
3.8.9.1	Entwicklerlösungen	86
3.8.9.2	Fixierlösung	87
3.8.9.3	Endwässerung	87
3.8.10	Entwicklungsmaschine	87
3.8.10.1	Regeneriersystem	88
3.8.10.2	Trockenteil	89
3.8.10.3	Mixer	90
3.8.10.4	Entsorgung von verbrauchten Lösungen aus Entwicklungsmaschinen	90
3.8.10.5	Tageslichtbearbeitung der Röntgenfilme	90

3.8.11	Messung der Optischen Dichte (Dichte) des Filmes (Densitometrie).....	91
3.8.11.1	Optische Dichtekurve des Films	93
3.8.11.2	Minimaldichte (Schleier und Unterlage).....	96
3.8.11.3	Kontrastwiedergabe von Filmen – Filmkontrast	97
3.8.12	Bildwiedergabefaktoren.....	98
3.8.12.1	Unzureichende Kontrastwiedergabe	99
3.8.12.2	Anwendung höherer Spannung	100
3.8.13	Unschärfe des Röntgenfilms – Auflösung.....	102
3.8.14	Spezialfilme	102
3.8.15	Trockensysteme für den Laser Imager.....	103
3.8.16	Herstellung von Röntgenfilmkopien.....	104
3.8.17	Filmfehler	104
3.8.18	Röntgenarchiv	106
3.8.19	Schaukästen zur Filmbetrachtung.....	106

4	Projektionsgesetze und ihre Anwendung.....	109
4.1	Fokus-Detektor-Abstand	109
4.2	Fokus-Objekt-Abstand	109
4.3	Objekt-Detektor-Abstand.....	109
4.4	Zentralprojektion	109
4.5	Senkrechtstrahl, Orthogonalprojektion und Schrägprojektion.....	110
4.6	Zentralstrahl	111
4.7	Superposition.....	111
4.8	Hochkanteffekt.....	111
4.9	Vergrößerung.....	112
4.10	Isometrie	112
4.11	Größenbestimmung, Vergrößerungsfaktor.....	112
4.12	Parallaxe	113
4.13	Verzeichnung.....	115
4.14	Abstandsquadratgesetz	115

5	Bildqualität	117
5.1	Unschärfe	118
5.1.1	Bewegungsunschärfe.....	118
5.1.2	Geometrische Unschärfe.....	119
5.1.3	Film- und Folienunschärfe (innere Unschärfe)	121

5.1.4	Beziehung zwischen den einzelnen Unschärfeanteilen	122
5.1.5	Kontrastübergangszone und Kontrastgradient.....	123
5.2	Kontrast und Kennlinie.....	124
5.2.1	Strahlenkontrast und örtliche Verteilung der Strahlenkontraste – Röntgenstrahlenbild.....	124
5.2.2	Quantenrauschen	125
5.2.3	Modulationsübertragungsfunktion	125
5.2.3.1	Strichraster.....	127
5.2.4	Detailerkennbarkeit	128
5.2.5	Simultankontrast.....	130
5.2.6	Einfluß der Streustrahlung auf den Kontrast.....	131
5.3	Maßnahmen zur Verringerung des Streuanteils	131
5.3.1	Einblendung.....	132
5.3.1.1	Tubus	132
5.3.1.2	Tiefenblende.....	132
5.3.2	Kompression	134
5.3.3	Vergrößerung des Objekt-Detektor-Abstandes, Grödel-Technik, Abstandstechnik.....	134
5.3.4	Streustrahlenraster	134
5.3.4.1	Schachtverhältnis	136
5.3.4.2	Linienzahl.....	136
5.3.4.3	Selektivität	137
5.3.4.4	Rasterfokussierung.....	138
5.3.4.5	Rasterfaktor	139
5.3.4.6	Motorischer Rasterantrieb	140
5.3.4.7	Feststehende Raster.....	141
5.3.4.8	Übersicht über Streustrahlenraster.....	142

6	Röntgenrechnik – Röntgenröhre und Generator	143
6.1	Röntgenröhre – Röntgenstrahler	143
6.1.1	Elektronenquelle – Kathode.....	144
6.1.1.1	Elektronenemitter.....	145
6.1.1.2	Fokussierungseinrichtung	145
6.1.1.3	Elektronenemission und Röhrenstrom – Raumladung und Durchgriff	146
6.1.1.4	Gepulste Durchleuchtungen mit gittergesteuerten Röntgenröhren.....	147

6.1.2	Anode.....	148
6.1.2.1	Brennfleck.....	149
6.1.2.2	Heel-Effekt.....	150
6.1.2.3	Störstrahlung.....	152
6.1.2.4	Anodenmaterial.....	154
6.1.2.5	Drehanode.....	154
6.1.2.6	Verbundanode.....	157
6.1.2.7	Doppelfokusröhre.....	158
6.1.2.8	Belastbarkeit und Alterung von Röntgenröhren.....	159
6.1.3	Röhrenglaszylinder und Strahlenschutzgehäuse.....	160
6.1.4	Heizung und Aufnahmeauslösung.....	162
6.1.5	Röhrenfilter.....	162
6.1.6	Hochleistungsröhren.....	163
6.1.7	Röhrennomogramm (Belastbarkeitsdiagramm).....	169
6.1.8	Kennzeichen der Röntgenröhre.....	170
6.2	Generator.....	170
6.2.1	Apparaterichtlinien des BMA.....	171
6.2.2	Konventionelle Generatoren.....	171
6.3	Schalteneinrichtungen bei konventionellen Röntgengeneratoren.....	174
6.4	Steuerung von Röntgengeneratoren.....	175
6.5	Organautomatik und Multimatiksystem.....	177
6.6	Konvertergeneratoren.....	178
6.6.1	Funktionsablauf von Konvertergeneratoren.....	180
6.6.2	Bedieneinheiten.....	182
6.6.3	Belichtungsautomatik im Zeitvariationsverfahren.....	184
6.6.4	Helligkeitsregelung im Dosisvariationsverfahren.....	190
6.6.5	Hochleistungsgeneratoren.....	192
6.6.6	Datenanzeige, Dokumentation und Daten- übertragung.....	194

7	Röntgentechnik - Bildverstärker-Fernsehen.....	197
7.1	Bildverstärker.....	197
7.1.1	Formate des Bildverstärkers.....	199
7.1.2	Elektronenoptische Vergrößerung.....	200
7.1.3	Automatische Formateinblendung.....	200
7.1.4	Qualitätskriterien des Bildverstärkers.....	201
7.1.4.1	Quantenrauschen.....	201

7.1.4.2	Quantenwirkungsgrad – Detective-Quantum Efficiency	201
7.1.4.3	Störabstand oder Signal-Rausch-Verhältnis	202
7.1.4.4	Modulationsübertragungsfunktion des Bildverstärkers	202
7.1.4.5	Konversionsfaktor	204
7.1.4.6	Bildübertragungskennlinie des Bildverstärkers	204
7.2	Fernsehanlage	205
7.2.1	Koppeloptik und Bildverteiler	205
7.2.2	Fiberglasoptik	205
7.2.3	Fernsehkamera	206
7.2.4	Sichtgerät oder Monitor	208
7.2.5	Fernsehsteuerung	210
7.2.5.1	Automatische Helligkeitskonstanthaltung des Monitors	211
7.2.5.2	Automatische Dosisleistungsregelung	212
7.2.5.3	Verzeichnung	213
7.2.5.4	Rauschen der Bildverstärker-Fernseheinrichtung	213
7.2.5.5	Modulationsübertragungsfunktion des Fernsehübertragungssystems	214
7.2.6	Speicherung von Videosignalbildern	214
7.2.6.1	Einzelbildspeicherung	215
7.2.7	Mittelformatkamera für die indirekte Aufnahmetechnik	217

8	Digitale Radiographie	220
8.1	Einführung in die digitale Datenverarbeitung	220
8.2	Bildwiedergabe in einer Matrix	221
8.2.1	Schwarzweiß-Matrix-Bilder ohne Grauabstufung	222
8.2.2	Schwarzweiß-Matrix-Bilder mit Grauabstufung	224
8.2.3	Eigenschaften und Qualität von digitalen Systemen	225
8.3	Digitale Bildverarbeitung	227
8.3.1	Logarithmierung	228
8.3.2	Fenstertechnik	228
8.3.3	Histogramm	229
8.3.4	Ortsfrequenzfiltertechnik	229
8.3.5	Subtraktionsfiltertechnik	231
8.3.5.1	Energiesubtraktion	232

8.3.5.2	Zeitsubtraktion – DSA	232
8.3.5.3	Zusatzmethoden zur DSA	233
8.3.6	Artefakte bei der Bildverarbeitung	236
8.4	Digitale Radiographiesysteme	236
8.4.1	Digitale Bildverstärkerradiographie – Digital Fluorographic Imaging	239
8.4.2	Digitale Subtraktionsangiographie	241
8.4.3	Digitale Lumineszenzradiographie – digitale Speicherfolienradiographie	244
8.4.4	Digitale Detektoren	250
8.4.4.1	Digitale Selendetektoren	250
8.4.4.2	Digitale Siliziumdetektoren	250
8.4.5	Indirekte Bilddokumentation	252
8.4.5.1	Laserkamera oder Laser Imager	252
8.4.5.2	Multiformatkamera oder Video Imager	256
8.4.5.3	Video Printer	257
8.4.6	Filmdigitalisierer – Filmdigitizer	257
8.4.7	Digitaler Bildarbeitsplatz – Workstation	257
8.4.8	Digitale Bilddaten und Speicher	258
8.4.8.1	Grundlagen der digitalen Speichertechnik	259
8.4.8.2	Gesetzliche Grundlagen für die digitale Speicherung von Bilddaten	260
8.4.8.3	„Outsourcing“ von Institutsarchiven	260
8.4.8.4	Zwischenspeicher	261
8.4.8.5	Digitales Bildarchiv	261
8.4.9	Bildarchiv- und Kommunikationssystem	268
8.4.10	Standardisierung von Bild- und Kommunikationsdaten	270
8.4.11	Netzwerke	270
8.4.11.1	Lokale Netzwerke – Local Area Network (=LAN)	271
8.4.11.2	Fernnetzwerke – Wide Area Network (=WAN)	271

9	Röntgentechnik – Aufnahme- und Durchleuchtungsgeräte.	274
9.1	Universelle Aufnahmeeinrichtung	274
9.1.1	Aufnahmetische (Bucky-Tisch)	274
9.1.2	Normausstattung universeller Aufnahmeeinrichtungen	275
9.1.3	Wandstativ (Bucky-Stativ)	276
9.1.4	Schichtzusatzgerät	276
9.2	Mobile Aufnahme- und Durchleuchtungsgeräte	278
9.2.1	Mobile Röntgenaufnahmegeräte	278
9.2.2	Mobile Bildverstärkeranlagen	279
9.2.3	Bildverstärkeranlagen im Op (Deckenaufhängung)	282
9.3	Durchleuchtungsgeräte	283
9.3.1	Nahbediente Durchleuchtungsgeräte – Untertisch-BV-Radiographiegeräte	283
9.3.1.1	Zielgeräte mit Kassetteneinrichtung für die Großformattechnik	284
9.3.1.2	Zielgerät ohne Kassetteneinrichtung	287
9.3.1.3	Normausstattung für nahbediente Durchleuchtungseinheiten	287
9.3.1.4	Regel- und Schaltprogramme für Durchleuch- tungseinheiten	288
9.3.2	Fernbediente Durchleuchtungsgeräte – Obertisch-BV-Radiographiegeräte	289
9.3.2.1	Normausstattung der fernbedienten Durchleuch- tungsgeräte	291
10	Spezialaufnahmegeräte	292
10.1	Thoraxaufnahmegeräte	292
10.1.1	Automatisches Thoraxaufnahmegerät mit Groß- formattechnik	292
10.1.2	Automatisches Thoraxaufnahmegerät mit Indirektaufnahmetechnik	292
10.1.3	Digitales Thoraxaufnahmegerät mit Selentechnik	294
10.2	Mammographiegeräte	296
10.2.1	Generator	296
10.2.2	Aufnahmeeinheit	297
10.2.3	Film-Folien-Kombination bei der Mammographie	301

10.2.4	Qualitätsanforderungen.....	302
10.2.5	Basisausstattung von Mammographiesystemen.....	302
10.2.6	Aufnahmeeinstellungen.....	302
10.2.7	Galaktographie	303
10.2.8	Stereotaktisches Feinnadel-Punktionssystem	303
10.3	Umlagerungsfreies Transportsystem für Unfallverletzte.....	303
10.4	Urologische Untersuchungseinheit mit Steinertrümmerungsgerät (Lithotripter)	305
10.5	Röntgenuntersuchungsgeräte für Kinder	307
10.5.1	„Babix“-Cellonhüllen	307
10.5.2	Aufnahmestative für die Kinderdiagnostik	308
10.5.3	Spezielle Röntgengeräte für Kinder.....	308
10.6	Röntgenuntersuchung der Zähne.....	309
10.6.1	Regeln zur Anfertigung von Zahnaufnahmen.....	309
10.6.2	Pantomographie	311
10.6.3	Zahnbezeichnung	312
10.7	Angiographiegeräte	313
10.7.1	UT-Durchleuchtungsgeräte mit Angiographiezusätzen	313
10.7.2	Möglichkeiten für schnelle Angiographie- Serienaufnahmen	314
10.7.3	Hochdruck-Injektor für die Angiographie	316
10.7.4	Schrittverschiebung bei der dynamischen Angio- graphie	317
10.7.5	Angiographie und Generator.....	319
10.7.6	Angiographie-Spezialgeräte	321
10.7.7	Normausstattung eines Angiographiesystems	324
11	Computertomographie	326
11.1	Allgemeines	326
11.2	Computertomograph mit drehender Röhre und feststehendem Detektorenkranz.....	328
11.3	Computertomograph mit drehendem Aufnahme- system	328
11.4	Computertomograph mit Serienschichttechnik	329
11.5	Computertomograph mit schneller Serien- schichttechnik (Schleifring-CT)	330

11.6	Digitales Projektionsradiogramm – rekonstruierte Übersichtsaufnahme	330
11.7	Schichttechniken.....	331
11.8	Spiral-CT mit schnellen Serienschichten	335
11.8.1	Spiral-CT mit Volumentechnik	336
11.9.	Untersuchungseinheit	337
11.10	Aufnahmebetrieb	341
11.11	Verfahren der Bildrekonstruktion	342
11.12	Bilddarbietung – relative Schwächungswerte – Hounsfield-Einheiten	345
11.13	Bildauflösung.....	348
11.14	Zusatzprogramme.....	350
11.15	Artefakte	352
11.16	Computertomographie-Dosis-Index	353
11.17	Bestimmung des Mineralsalzgehaltes im Knochen	353
12	Magnetresonanztomographie	355
12.1	Einführung.....	355
12.2	Grundlagen.....	355
12.2.1	Kernspin	355
12.2.2	Kernspin und äußeres Magnetfeld.....	356
12.2.3	Kernspinresonanz.....	358
12.2.4	Kernrelaxation.....	358
12.3	Technischer Aufbau	360
12.3.1	Magnet.....	360
12.3.2	Shimsystem	363
12.3.3	Gradientensystem.....	363
12.3.4	Hochfrequenzsystem	364
12.3.5	Rechnersystem	365
12.4	MRT-Bilder	366
12.4.1	Bildkontrast	366
12.4.2	Zusätzliche Faktoren.....	366
12.4.3	T1-Gewichtung	367
12.4.4	T2-Gewichtung	367
12.4.5	Bildartefakte.....	368
12.4.6	Pulssequenzen	368
12.4.7	Spin-Echo-Sequenzen	368
12.4.8	RARE-(Turbo-oder Fast-Spin-Echo-)Sequenz	369

12.4.9	Gradienten-Echo-Sequenzen	369
12.5	Kontrastmittel	370
12.6	Anwendungsgebiete	370
12.7	Sicherheit	371
13	Ultraschalldiagnostik	373
13.1	Natur des Ultraschalls	373
13.2	Wechselwirkungsgesetze	375
13.2.1	Reflexion und Transmission	375
13.2.2	Interferenz von Schallwellen	377
13.2.3	Brechung	377
13.2.4	Beugung	379
13.2.5	Streuung	379
13.2.6	Absorption	379
13.2.7	Doppler-Effekt	380
13.3	Erzeugung und Empfang der Schallwellen	380
13.4	Schallfeld	381
13.5	Fokussierung	382
13.6	Empfangsbetrieb	383
13.7	Ortsauflösung	383
13.8	Aufbau eines Ultraschallgerätes	383
13.9	Laufzeitabhängige Verstärkung - Tiefenausgleich	385
13.10	Signalverarbeitung und Bilddarstellung	385
13.11	A-Bildverfahren (A-Mode)	386
13.12	B-Bildverfahren (B-Mode)	386
13.13	M-Bildverfahren (M-Mode)	387
13.14	Continuous-Wave-Doppler	388
13.15	Farbkodierte Duplexsonographie	388
13.16	Power-Doppler-(Intensitäts-Doppler-)Verfahren	388
14	Röntgenographische Projektionen und ihre Bezeichnungen	389
14.1	Seitenmarkierungen	389
15	Röntgen-Kontrastmittel	392
15.1	Wasserlösliche Kontrastmittel	392
15.1.1	Physikalische und chemische Eigenschaften wasserlöslicher KM	393

15.1.2	Beeinflussung der Schilddrüsenfunktion durch Kontrastmittel	394
15.1.3	Nephrotrope Kontrastmittel	395
15.1.4	Kinetik nephrotroper Kontrastmittel	396
15.1.5	Nichtionische nephrotrope Kontrastmittel	396
15.1.6	Kontrastmittelanwendung bei der Computertomographie	398
15.1.7	Kontrastmittel für die Myelographie	400
15.1.8	Intravenöse gallengängige (hepatotrope) Kontrastmittel	400
15.1.9	Orale hepatotrope Kontrastmittel	401
15.1.10	Wasserlösliche Kontrastmittel zur Untersuchung des Magen-Darm-Traktes	401
15.2	Wasserunlösliche Kontrastmittel	402
15.2.1	Kontrastmittel für die Lymphographie	402
15.2.2	Kontrastmittel für die Bronchographie	402
15.2.3	Kontrastmittel zur Untersuchung des Magen-Darm-Traktes	402
15.3	Übersicht der Indikation der Röntgen-Kontrastmittel	403
16	Unerwünschte Kontrastmittelnebenwirkungen	405
16.1	Allgemeine (anaphylaktoide) Reaktionen	405
16.2	Prinzipien der Prophylaxe und Behandlung anaphylaktoider Nebenwirkungen	407
16.3	Dosisabhängige Nebenwirkungen	408
17	Röntgen-Kontrastmitteluntersuchungen	410
17.1	Kontrastmitteluntersuchungen des Verdauungstraktes	410
17.1.1	Ösophagogramm	410
17.1.2	Magen-Darm-Passage	410
17.1.2.1	Röntgenuntersuchung des Dünndarms	411
17.1.2.2	Spezialuntersuchung des Dünndarms	411
17.1.2.3	Beschleunigung der Darmpassage	412
17.1.2.4	Magen-Darm-Passage bei Kindern	413
17.1.3	Röntgenuntersuchung des Dickdarms – Kontrasteinlauf	414

17.1.3.1	Kontrasteinlauf bei Kindern	415
17.1.4	Kontrastmitteluntersuchungen der Gallenwege	415
17.1.4.1	Kontraktion der Gallenblase	416
17.1.4.2	Spätaufnahmen	416
17.1.4.3	Orale Darstellung	416
17.1.4.4	Intraoperative Cholangiographie	416
17.1.4.5	Postoperative Cholangiographie	417
17.1.4.6	Perkutane transhepatische Cholangiographie.....	417
17.2	Urologische Röntgen-Kontrastmittelunter- suchungen	417
17.2.1	Ausscheidungsurographie und ihre Varianten	418
17.2.1.1	Ausscheidungsurogramm	418
17.2.1.2	Harnleiterkompression	419
17.2.1.3	Tomographie und Zonographie	419
17.2.1.4	Retrogrades Pyelogramm	419
17.2.2	Ureterschlinge	420
17.2.3	Ausscheidungsurogramm bei Kindern	420
17.3	Untersuchung der Harnblase und der Harnröhre.....	421
17.3.1	Zystogramm bei Erwachsenen	421
17.3.2	Zystogramm bei Kindern	421
17.3.3	Refluxprüfung	421
17.3.4	Retrogrades Urethrogramm	422
17.3.5	Miktionszystourethrogramm	422
17.3.6	Nierenfistelfüllung mit Ureterablaufprüfung	423
17.3.7	Vaso-Vesiculogramm	423
17.4	Seltenere Kontrastmitteluntersuchungen	424
17.4.1	Bronchographie	424
17.4.1.1	Kontrastmittel für die Bronchographie	424
17.4.2	Arthrographie	424
17.4.3	Sialographie	425
17.4.4	Hysterosalpingographie	425
17.4.5	Galaktographie	426
17.4.6	Dakryozystographie	426
17.4.7	Fistulographie	426
17.5	Kontrastmitteluntersuchungen des Rückenmarks und des Zentralnervensystems	427
17.5.1	Myelographie	427
17.6	Gefäßdarstellung (Angiographie) – Allgemeines	428
17.6.1	Technik der Arteriographie	428

17.6.1.1	Seldinger-Methode	428
17.6.1.2	Selektive Arteriographie	429
17.6.2	Katheter	431
17.6.2.1	Führungsdraht – Guide Wire	433
17.6.3	Karotisarteriographie	434
17.6.4	Angiokardiographie	434
17.6.4.1	Dextrokardiographie	434
17.6.4.2	Pulmonalarteriographie	435
17.6.4.3	Lävokardiographie	435
17.6.4.4	Koronarographie	436
17.6.5	Aortographie und selektive Organarteriographie	436
17.6.5.1	Thorakale Aortographie	436
17.6.5.2	Abdominale Aortographie	436
17.6.5.3	Selektive Arteriographie der Bauchorgane	437
17.6.6	Arteriographie der unteren Extremitäten	438
17.6.6.1	Direkte Arteriographie der Arteria femoralis	438
17.6.6.2	Translumbale Aortographie	439
17.6.6.3	Indirekte Aortographie zur Darstellung der Becken- und Beinarterien	439
17.6.7	Arteriographie der oberen Extremitäten	439
17.6.7.1	Arteriographie der Arteria axillaris	439
17.6.7.2	Arm- und Handarteriographie	440
17.6.8	Phlebographie	440
17.6.8.1	Phlebographie des Armes und der Hand	440
17.6.8.2	Aszendierende Beinphlebographie	440
17.6.8.3	Beckenphlebographie und Kavographie	441
17.6.9	Splenoportographie	442
17.6.10	Lymphographie	442
17.7	Untersuchungstechnik der DSA	443
17.7.1	Intravenöse digitale Subtraktionsangiographie	445
17.7.2	Intraarterielle digitale Subtraktionsangiographie	445
17.8	Interventionelle Methoden in der Radiologie	445
17.8.1	Perkutane Gefäßrekanalisation	446
17.8.1.1	Gefäßdilatation	446
17.8.1.2	Perkutane intraarterielle Thrombolyse	450
17.8.1.3	Perkutane AspirationseMBOLektomie	451
17.8.1.4	Perkutane Implantation von endovaskulären Prothesen	451
17.8.1.5	Perkutane Rekanalisation der Nierenarterie	452

17.8.1.6	Dynamische Angioplastie	453
17.8.1.7	Perkutane Laserangioplastie	453
17.8.2	Perkutane Embolisations- oder Okklusionsbehandlung	454
17.8.2.1	Prinzip der Blutungsbehandlung	454
17.8.2.2	Gefäßfehlbildungen	454
17.8.2.3	Tumorembolisationen	454
17.8.2.4	Mittel der Gefäßokklusion	454
17.8.3	Perkutane Applikation von Pharmaka	455
17.8.4	Perkutane Vena-Cava-Schirmimplantation	456
17.8.5	Perkutane Gallenwegsdrainage.....	457

18	Dosis	460
18.1	Energiedosis.....	460
18.2	Kerma	462
18.3	Ionendosis	463
18.3.1	Sekundärelektronenaustausch zwischen Meßvolumen und Umgebung	463
18.3.2	Standardionendosis	465
18.3.3	Hohlraumdosise	465
18.3.4	Luftäquivalentes Gewebe	465
18.3.5	Nicht luftäquivalentes Gewebe	466
18.4.	Äquivalentdosise und Bewertungsfaktor	467
18.5	Relative biologische Wirksamkeit.....	469
18.6	Dosismeßsysteme – Allgemeines	470
18.7	Messung der Ionisation.....	471
18.7.1	Tubuskammern	473
18.7.2	Schlauchkammern	473
18.7.3	Verstärkungs- und Anzeigesystem.....	473
18.7.4	Radioaktive Kontrolleinrichtung.....	473
18.7.5	Meßmethode	473
18.7.5.1	Kontinuierliche und integrierende Messung der Ionisation	474
18.7.5.2	Kondensatormeßkammern.....	474
18.8.	Dosismeßgeräte.....	476
18.8.1	Dosimentor.....	476
18.8.2	Auflade- und Ablesegeräte für Kondensatormeß- kammern.....	477
18.8.3	Diamentor.....	478

18.8.4	Füllhalterdosimeter oder Stabdosimeter	480
18.8.5	Filmdosimeter in der Strahlentherapie	482
18.8.6	Filmdosimeter in der Strahlenschutzüber- wachung	482
18.8.7	Thermolumineszenzdosimeter	483
18.8.8	Fingerringdosimeter	484
18.8.9	Radiophotolumineszenzdosimeter	484
18.8.10	Verfärbungs- und Extinktionsdosimeter	485
18.8.11	Leitfähigkeitsdosimeter	486
18.8.12	Chemodosimeter	486

19	Strahlenwirkung auf biologisches Gewebe	487
19.1	Strahlenwirkung – Grundlagen	488
19.1.1	Direkte Strahlenwirkung – Treffertheorie	488
19.1.2	Indirekte Strahlenwirkung	489
19.1.3	Strahlenschäden	489
19.1.4	Aufbau der Desoxyribonukleinsäure	490
19.1.5	Strahlenwirkung an Genen	491
19.1.6	Reparaturvorgänge an der DNS	492
19.1.7	Mutationen	494
19.2	Strahlenempfindlichkeit von Zellen	494
19.2.1	Generationszyklus der Zellen	494
19.2.1.1	Strahlenempfindlichkeit der Zelle im Genera- tionszyklus	495
19.2.2	Letale und subletale Zellschäden	495
19.2.2.1	LET (Linear Energy Transfer) und der Grad der Zellschädigung	496
19.2.2.2	Zellerholungsvorgänge nach Bestrahlungen	496
19.2.2.3	Zellerholungsvorgänge in Abhängigkeit vom Generationszyklus	496
19.2.2.4	Zellerholungsvorgänge in Abhängigkeit von der Repopulation	496
19.2.2.5	Einzeitbestrahlung und fraktionierte Bestrahlung	496
19.2.3	Wirkung der Dosisfraktionierung an normalen Zellen und an Tumorzellen	496
19.2.4	Wirkung der Dosisprotrahierung an normalen Zellen und an Tumorzellen	497
19.2.5	Sauerstoffeffekt	498

19.2.6	Behandlungsmöglichkeiten zur Abtötung hypoxischer Zellen	499
19.2.7	Strahlenwirkung auf wachsendes Tumorgewebe.....	499
19.2.8	Hyperthermie.....	500
19.3	Strahlenwirkung auf den menschlichen Körper	500
19.3.1	Größe des durchstrahlten Körpervolumens	501
19.3.1.1	Strahlenkrankheit.....	501
19.3.2	Organschäden nach Teilbestrahlung.....	503
19.3.3	Strahlenwirkung auf die Haut.....	508
19.3.4	Spätfolgen nach überhöhter Strahleneinwirkung	509
19.4	Strahlenbehandlung gutartiger Erkrankungen.....	510
19.5	Tumoren – Begriffe aus der pathologischen Anatomie.....	511
19.6	Charakteristische Eigenschaften von Tumoren	511
19.7	Strahlensensibilität von Tumoren	512
19.8	Strahlenwirkung an gesunden und bösartigen Zellen	512

20	Strahlentherapie	514
20.1	Einteilung der Strahlentherapie	514
20.2	Strahlentherapie und ihre Anwendung	515
20.3	Feststehende Begriffe der Strahlentherapie	515
20.4	Dosisbegriffe der Strahlentherapie	516
20.4.1	Tiefendosisverläufe.....	518
20.4.1.1	Tiefendosismaximum (Aufbaueffekt) bei energiereicher Protonenstrahlung	518
20.4.1.2	Tiefendosisverläufe bei Elektronenstrahlung	520
20.4.1.3	Austrittsdosis bei der Protonenstrahlung	522
20.5	Raum oder Integraldosis	522
20.6	Nominale Standarddosis.....	523
20.7	Isodosendiagramm.....	525
20.8	Faktoren, die die Dosisverteilung beeinflussen.....	526
20.8.1	Strahlenart	526
20.8.2	Strahlenenergie bei Photonenstrahlung	527
20.8.3	Feldgröße und Streuzusatz	527
20.8.4	Feldbegrenzung (Halbschatten)	528
20.8.5	Fokus-Haut-Abstand	529
20.8.6	Filter	529
20.8.7	Keilfilter.....	531

20.8.8	Ausgleichfilter	531
20.8.9	Körperinhomogenitäten	531
20.9	Konventionelle Therapiegeräte	532
20.9.1	Röntgeneinrichtungen für die Oberflächen- und Körperhöhlentherapie	532
20.9.2	Röntgenhalbtiefen- u. Tiefentherapie	533
20.10	Telegammatherapie -Kobalt 60-	534
20.11	Teilchenbeschleuniger	536
20.11.1	Betatron-Umlaufbeschleuniger, Kreisbe- schleuniger, Zirkularbeschleuniger	536
20.11.2	Linearbeschleuniger	537
20.11.2.1	Stehwellenbeschleuniger – Stufenbeschleuniger	537
20.11.2.2	Wanderwellenbeschleuniger	539
20.12	Therapiesimulator	543
20.13	Bestrahlungsmethoden der Tiefentherapie	544
20.13.1	Einzelfeldbestrahlung	544
20.13.2	Gegenfeldbestrahlung	545
20.13.3	Mehrfelderbestrahlung – Kreuzfeuerbestrahlung	546
20.13.4	Bewegungsbestrahlung und Methoden	546
20.14	Einstellhilfen	551
20.15	Lagerung des Patienten	554
20.16	Bestrahlungsplanung	554
20.16.1	Diagnose	556
20.16.2	Stadieneinteilung von Tumoren	556
20.16.3	Stadieneinteilung von malignen Lymphomen	557
20.16.4	Interdisziplinäre Konferenz	558
20.16.5	Ablauf der Bestrahlungsvorbereitungen	558
20.17	Rechnergestützte Bestrahlungsplanung	559
20.18	Bestrahltes Körpervolumen	561
20.19	Vernetztes Therapiesystem	562
20.20	Konfirmationstherapie	565
20.21	Bestrahlungsprotokoll und andere schriftliche Unterlagen	565
20.22	Pflege und Behandlung der bestrahlten Haut	567
21	Therapie mit umschlossenen Radionukliden	568
21.1	Kontakttherapie	568
21.2	Interstitielle Therapie	569
21.3	Intrakavitäre Therapie	570

21.3.1	Radiumkontaktbestrahlung	570
21.3.2	Afterloadingverfahren	573
21.3.2.1	Nachladegerät mit punktförmiger bewegter Iridiumquelle	574
21.3.2.2	Nachladegerät mit stationärer Quelle	575

22	Strahlenschutz und Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik	576
22.1	Wichtige Begriffe aus der Röntgenverordnung	577
22.1.1	Strahlenschutzverantwortlicher	577
22.1.2	Strahlenschutzbeauftragter	577
22.1.3	Stellung des Strahlenschutzverantwortlichen und des Strahlenschutzbeauftragten	578
22.1.4	Ermächtigter Arzt.	578
22.1.5	Aufzeichnungspflicht bei Röntgenuntersuchungen	578
22.1.6	Aufbewahrungspflicht von Aufzeichnungen	580
22.1.7	Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik	580
22.1.8	Qualitätssicherung in der Strahlentherapie.	581
22.1.9	Belehrung	581
22.2	Strahlenschutzbereiche	582
22.2.1	Sperrbereich	582
22.2.2	Kontrollbereich	583
22.2.3	Betrieblicher Überwachungsbereich	584
22.2.4	Außerbetrieblicher Überwachungsbereich.	584
22.3	Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik	584
22.3.1	Abnahmeprüfung	585
22.3.2	Konstanzprüfung	586
22.3.2.1	Konstanzprüfung der Filmverarbeitung	586
22.3.2.2	Konstanzprüfung an Röntgeneinrichtungen	590
22.4	„Zahnärztliche und Ärztliche Stellen“	594
22.5	Leitlinien der Bundesärztekammer	595
22.5.1	Aufnahmetechnische Leitlinien	596
22.5.2	Anforderungen an den Arzt	599
22.5.3	Protokollierung und Dokumentation	600

23	SI-Einheiten	602
23.1	Das internationale Einheitensystem	602
23.2	Abgeleitete SI-Einheiten mit besonderen Namen	604
23.3	SI-Einheiten in der Strahlentherapie und im Strahlenschutz.....	607
24	Erläuterung der röntgentechnischen Symbole	612
25	Glossar für die digitale Radiographie	615
Sachverzeichnis		619