

Duale Reihe

Radiologie

Maximilian Reiser, Fritz-Peter Kuhn, Jürgen Debus

unter Mitarbeit von:

Peter Bartenstein	Renate Kursawe*
Kirsten Beitzel	Jürgen Malms
Christine Born	Jörg Detlev Moritz
Roland Brüning	Ullrich Müller-Lisse
Volkher Engelbrecht	Marc Münter
Sylvaine Fritzsche	Jörg Reinartz
Gotthard Grützner	Peter Reuter
Alexander Haug	Jürgen Scheidler
Andreas Dietrich Helck	Thomas Schloßbauer
Karin Hellerhoff	Christine Schmid-Tannwald
Thomas Helmberger	Karl Schneider
Karin Herrmann	Daniela Schulz-Ertner
Ralph Hünerbein	Wieland Sommer
Oliver Jäkel	Florian Sterzing
Christian Karger	Detlev Uhlenbrock
Dorothea Klütsch*	Thomas J. Vogl
Inga Körte	Claus-Peter Wallner*
Ingrid Krüger-Stollfuß	Christoph Zech

* Mitarbeiter früherer Auflagen

3. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage

1580 Abbildungen, 110 Tabellen

Inhalt

Vorwort 3. Auflage III
Anschriften IV

Allgemeine Radiologie

Teil A

1 Physikalische Grundlagen 4
O. Jäkel; C. Karger

1.1 Strahlungsarten 4

1.1.1 Einführung 4

1.1.2 Teilchenstrahlung (Korpuskularstrahlung) ... 4

1.1.3 Wellenstrahlung
 (elektromagnetische Strahlung) 4

1.2 Die Struktur von Materie 5

1.2.1 Aufbau von Atomen 5

1.2.2 Das Schalenmodell 7

1.2.3 Der radioaktive Zerfall 8

 Formen des radioaktiven Zerfalls 8

 Das Zerfallsgesetz 10

1.3 Wechselwirkung von Strahlung mit Materie .. 11

1.3.1 Wechselwirkung indirekt ionisierender
 Strahlung mit Materie 11

 Wechselwirkung von Photonen mit Materie .. 11

 Wechselwirkung von Neutronen mit Materie .. 15

1.3.2 Wechselwirkung direkt ionisierender Strahlung
 mit Materie 15

1.3.3 Folgen der Wechselwirkung ionisierender
 Strahlung mit Materie 17

1.4 Messung von Strahlung 17

1.4.1 Dosimetrische Messgrößen 17

 Ionendosis 17

 Energiedosis 17

 Kerma 18

 Dosisleistung 18

1.4.2 Messgrößen in der Nuklearmedizin 18

 Aktivität 18

 Spezifische Aktivität 18

 Effektive Halbwertszeit 18

1.4.3 Nachweis von Strahlung 19

 Ionisationskammer 19

 Stabdosimeter 20

 Geiger-Müller-Zählrohr 20

 Röntgenfilm (Filmdosimeter) 20

 Thermolumineszenzdetektor 20

 Szintillationsdetektor 21

 Eisensulfatdosimeter 21

 Wasserkalorimeter 22

1.5 Erzeugung von Strahlung 22

1.5.1 Erzeugung von Radionukliden 22

1.5.2 Erzeugung von Röntgenstrahlen 22

 Strahlenerzeugung mittels Röntgenröhre 22

 Strahlenerzeugung mittels
 Elektronenlinearbeschleuniger 23

Strahlenerzeugung mittels
 Elektronenkreisbeschleuniger 24

1.5.3 Erzeugung von Korpuskularstrahlen 24

2 Strahlenbiologie 26
M. Münter

2.1 Einleitung 26

**2.2 Wirkung ionisierender Strahlung
 auf biologische Systeme** 26

2.2.1 Primärprozesse 26

2.2.2 Sekundärprozesse 26

 Radiolyse des Wassers 26

 Biochemische Reaktionen an Biomolekülen .. 27

2.2.3 Direkte und indirekte Strahlenwirkung 27

2.2.4 Phasen der Wirkung ionisierender Strahlung . 27

 Physikalisch-chemische Phase 27

 Biochemisch-biologische Phase 28

2.2.5 Linearer Energietransfer und relative
 biologische Wirksamkeit 28

2.3 Wirkung ionisierender Strahlung auf Zellen .. 29

2.3.1 Abhängigkeit vom Zellzyklus 29

2.3.2 Wirkung auf Zellbestandteile 30

 Nukleinsäuren 30

 Proteine 31

 Zellorganellen 31

2.3.3 Zelluläre Reparaturmechanismen als Reaktion
 auf Strahlenschäden 31

2.3.4 Folgen von Strahlenschäden und fehlerhafter
 Reparatur für Zellen 32

 Mutationen 32

 Potenziell letale und subletale Zellschädigung . 33

 Letale Zellschädigung (Zelltod) 34

2.3.5 Die Strahlenwirkung modifizierende Faktoren
 Zeitliche Dosisverteilung 35

 Sauerstoffgehalt 36

 Pharmaka 37

 Temperatur 37

2.3.6 Quantifizierung der Strahlenwirkung 37

**2.4 Wirkung ionisierender Strahlung
 auf den menschlichen Körper** 38

2.4.1 Akute Strahlenfolgen 38

2.4.2 Chronische Strahlenfolgen 39

2.4.3 Systemische Strahlenfolgen:
 Akutes Strahlensyndrom 39

2.4.4 Lokale Strahlenfolgen 40

 Hämatopoetisches System 40

 Verdauungstrakt 41

 Lunge 41

 Herz-Kreislauf-System 42

 Leber 42

 Niere 42

 Nervensystem 43

 Haut 44

 Auge 44

 Knochen 44

 Keimdrüsen 44

Modifizierende Faktoren			
lokaler Strahlenfolgen	45		
Schätzung des Risikos lokaler Strahlenfolgen	46		
Dokumentation lokaler Strahlenfolgen	46		
2.4.5 Strahlenwirkung auf die Leibesfrucht	49		
2.4.6 Krebsinduktion (Kancerogenese)	49		
2.5 Wirkung ionisierender Strahlung auf Tumoren	49		
2.5.1 Grundlagen: Tumorwachstum	49		
Wachstumsverhalten von Tumoren	49		
Methoden zur Untersuchung			
des Tumorwachstums	50		
2.5.2 Endpunkte der Strahlentherapie von Tumoren	50		
2.5.3 Modifizierende Faktoren der Strahlenwirkung	50		
Strahlensensibilität des Tumors	50		
Tumorvolumen	50		
Sauerstoffgehalt des Tumors	51		
Bestrahlungszeitraum und Bestrahlungsintervall	51		
3 Grundlagen des Strahlenschutzes	52		
<i>O. Jäkel; C. Karger</i>			
3.1 Dosisbegriffe im Strahlenschutz	52		
3.1.1 Äquivalentdosis	52		
3.1.2 Effektive Äquivalentdosis	53		
3.1.3 Ortsdosis	53		
3.1.4 Personen- und Körperdosis	53		
3.2 Formen der Strahlenexposition	54		
3.2.1 Expositionspfade	54		
3.2.2 Natürlich bedingte Strahlenexposition	54		
3.2.3 Zivilisatorisch bedingte Strahlenexposition	55		
Strahlenexposition durch medizinische			
Untersuchungen	55		
Strahlenexposition durch andere Quellen			
ionisierender Strahlung	57		
3.3 Risiken durch Strahlenexposition	57		
3.4 Schutz vor Strahlenexposition	57		
3.4.1 Strahlenschutz-Grundregeln	57		
3.4.2 Gesetzliche Regelungen	58		
3.4.3 Schutz der Bevölkerung	59		
3.4.4 Schutz beruflich strahlenexponierter Personen	60		
3.4.5 Schutz der Patienten	60		
Strahlenschutz in der Röntgendiagnostik	61		
Strahlenschutz in der Nuklearmedizin	61		
Strahlenschutz in der Strahlentherapie	61		
3.4.6 Qualitätssicherung	62		
4 Radiologische Verfahren	63		
<i>R. Hünerbein</i>			
4.1 Konventionelle Röntgenuntersuchung	63		
4.1.1 Gerätetechnik	63		
Generator	63		
Röntgenstrahler	63		
Zubehör	64		
4.1.2 Bildauffangsystem: Röntgenfilm			
und Verstärkerfolien	65		
4.1.3 Bilderzeugung	67		
Bildentstehung	67		
Bildqualität	67		
4.1.4 Konventionelle Röntgenaufnahme			
Allgemeine Bildkriterien			
Strahlenbelastung			
4.1.5 Stellenwert im Vergleich zu konkurrierenden			
Verfahren			
Konventionelle Röntgendiagnostik			
Konventionelle Tomografie			
4.1.6 Digitale Radiografie			
4.2 Durchleuchtung			
4.2.1 Gerätetechnik			
4.2.2 Stellenwert im Vergleich zu konkurrierenden			
Verfahren			
4.3 Computertomografie (CT)			
4.3.1 Gerätetechnik			
Computertomografen der 1.–4. Generation			
Multidetektor-Computertomograf (MDCT)			
Elektronenstrahl-Computertomograf			
4.3.2 Bildrekonstruktion			
4.3.3 Strahlenexposition			
4.3.4 Stellenwert im Vergleich zu konkurrierenden			
Verfahren			
4.4 Magnetresonanztomografie (MRT)			
4.4.1 Physikalische Grundlagen			
4.4.2 Gerätetechnik			
4.4.3 Bilderzeugung			
Bildkontrast			
Sequenztypen			
Artefakte			
4.4.4 Risiken			
4.4.5 Stellenwert im Vergleich zu konkurrierenden			
Verfahren			
4.5 Sonografie			
4.5.1 Physikalische Grundlagen			
Charakteristika von Schallwellen			
Schwächung von Schallwellen in Materie			
Auflösungsvermögen			
4.5.2 Bilderzeugung			
4.5.3 Gerätetechnik			
Linearscanner			
Sektorscanner			
Konvexscanner			
4.5.4 Ultraschallverfahren			
A-Mode-Verfahren			
B-Mode-Verfahren			
M-Mode-Verfahren			
Dopplerverfahren			
4.5.5 Befundbausteine			
4.5.6 Stellenwert gegenüber konkurrierenden			
Verfahren			
4.6 Kontrastmittel			
4.6.1 Röntgenkontrastmittel			
Röntgenpositive Kontrastmittel			
Röntgennegative Kontrastmittel			
4.6.2 MR-Kontrastmittel			
4.6.3 Ultraschallkontrastmittel			
4.7 Interventionelle Radiologie			
4.7.1 Vasculäre Eingriffe			
4.7.2 Nichtvasculärer Eingriffe			

5	Strahlentherapie	95	Kompensatoren und Bolusmaterial	116
	<i>C. Karger; D. Schulz-Ertner; F. Sterzing</i>		Intensitätsmodulierte Radiotherapie (IMRT) ..	116
5.1	Einführung	95	5.4.7 Bestrahlungsplan und Bestrahlungsprotokoll .	117
	<i>D. Schulz-Ertner; F. Sterzing</i>		5.4.8 Verifikation des Bestrahlungsplans,	
5.2	Prinzipien und Abläufe der Radioonkologie ...	95	Feldkontrolle und Dokumentation	117
	<i>D. Schulz-Ertner; F. Sterzing</i>		5.5 Ausgewählte Indikationen zur Strahlentherapie	118
5.2.1	Diagnosestellung	95	<i>D. Schulz-Ertner; F. Sterzing</i>	
5.2.2	Interdisziplinäre Therapieentscheidung	95	5.5.1 Hirntumoren	118
5.2.3	Aufklärung und Beratung des Patienten	96	Primäre Hirntumoren	118
5.2.4	Strahlentherapieverfahren	96	Sekundäre Hirntumoren	121
	Alleinige Radiotherapie	96	5.5.2 HNO-Tumoren	121
	Radiochemotherapie	97	Nasopharynxkarzinom	121
	Präoperative Radiotherapie	97	Larynxkarzinom	122
	Intraoperative Radiotherapie (IORT)	97	Schilddrüsenkarzinom	122
	Postoperative Radiotherapie	97	5.5.3 Hodgkin-Lymphom	123
	Interstitielle Radiotherapie	97	Allgemeine Therapierichtlinien	123
	Radioimmuntherapie	98	Radiotherapie	124
	Radio- plus Hormontherapie	98	5.5.4 Non-Hodgkin-Lymphom (NHL)	124
	Radiotherapie plus Hyperthermie	98	Allgemeine Therapierichtlinien	124
	Radiotherapie mit Radiosensitizern	98	Radiotherapie	125
5.2.5	Nachsorge	98	5.5.5 Bronchialkarzinom	125
5.3	Spezielle Strahlentherapieformen	98	Allgemeine Therapierichtlinien	125
5.3.1	Klassifikation nach Strahlungsart	98	5.5.6 Mammakarzinom	126
	<i>C. Karger</i>		Allgemeine Therapierichtlinien	126
	Photonentherapie	98	Radiotherapie	126
	Neutronentherapie	100	5.5.7 Ösophaguskarzinom	127
	Therapie mit geladenen Teilchen	100	Allgemeine Therapierichtlinien	127
5.3.2	Klassifikation nach Distanz der Strahlungs- quelle	101	Radiotherapie	127
	<i>D. Schulz-Ertner; F. Sterzing</i>		5.5.8 Pankreaskarzinom	127
	Teletherapie (perkutane Strahlentherapie) ...	101	Allgemeine Therapierichtlinien	127
	Kurzdistanztherapie mit umschlossenen		Radiotherapie	128
	Radionukliden (Brachytherapie)	102	5.5.9 Vaginalkarzinom	128
5.4	Durchführung der Radiotherapie und spezielle Techniken	104	Allgemeine Therapierichtlinien	128
	<i>D. Schulz-Ertner; F. Sterzing</i>		Radiotherapie	128
5.4.1	Immobilisierung	104	5.5.10 Endometriumkarzinom	128
5.4.2	Bildgebung	105	Allgemeine Therapierichtlinien	128
5.4.3	Bestrahlungsplanung	105	Radiotherapie	128
	Festlegung der Zielvolumina und der Dosis ..	105	5.5.11 Zervixkarzinom	129
	Festlegung der zeitlichen Dosisverteilung ..	107	Allgemeine Therapierichtlinien	129
	Festlegung der räumlichen Dosisverteilung ..	108	Radiotherapie	130
5.4.4	Therapieeinstellung	109	5.5.12 Seminom	130
	Klinische Einstellung	109	Allgemeine Therapierichtlinien	130
	Konventionelle Simulation	109	5.5.13 Prostatakarzinom	131
	Virtuelle Simulation	110	Allgemeine Therapierichtlinien	131
	Planung mit Referenzpunkt	110	Radiotherapie	132
	Stereotaxie	110	5.5.14 Kolorektale Karzinome	133
	Bildgesteuerte Radiotherapie (image guided radiotherapy, IGRT)	110	Allgemeine Therapierichtlinien	133
5.4.5	Spezielle Bestrahlungstechniken	113	Radiotherapie	133
	Einzelstehfeldbestrahlung	113	5.5.15 Analkarzinom	133
	Gegenfeldbestrahlung	113	Allgemeine Therapierichtlinien	133
	Mehrfelderbestrahlung	113	Radiotherapie	134
	Bewegungsbestrahlung	114	5.5.16 Harnblasenkarzinom	134
	Dynamische Bestrahlung (dynamic treatment)	115	Allgemeine Therapierichtlinien	134
5.4.6	Modifikation des Strahlenfeldes	115	5.5.17 Weichteilsarkome	134
	Absorber	115	Allgemeine Therapierichtlinien	134
	Multi-leaf-Kollimatoren (MLC)	115	Radiotherapie	134
	Keilfilter	115	5.5.18 Ewing-Sarkom	135
			Allgemeine Therapierichtlinien	135
			Radiotherapie	135
			5.5.19 Strahlentherapie bei benignen Erkrankungen .	135

1.4.16 Erkrankungen des Lungenkreislaufs 219
 Pulmonale Hypertonie und Cor pulmonale . . . 219
 Lungenembolie 220
 1.4.17 Erkrankungen des Mediastinums 223
 Allgemeines 223
 Intrathorakale Struma 224
 Intrathorakale Epithelkörperchenadenome . . . 224
 Neurogene Tumoren 224
 1.4.18 Zwerchfelhernien 225

2 Herz 227
J. Malms

2.1 Radiologische Methoden 227
 2.1.1 Konventionelle Röntgendiagnostik 227
 Verfahren 227
 2.1.2 Echokardiografie 229
 2.1.3 Computertomografie 231
 2.1.4 Magnetresonanztomografie 232
 2.1.5 Angiokardiografie 234
 2.1.6 Nuklearmedizinische Verfahren 236
2.2 Leitbefunde – vom radiologischen Befund zur Diagnose kardialer Erkrankungen 237
2.3 Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose zum Befund 238
 2.3.1 Herzinsuffizienz 238
 2.3.2 Arterielle Hypertonie 240
 2.3.3 Koronare Herzerkrankung (KHK) 240
 2.3.4 Häufige erworbene Herzklappenfehler 243
 Aortenklappenstenose 243
 Aortenklappeninsuffizienz 244
 Mitralklappenstenose 245
 Mitralklappeninsuffizienz 246
 2.3.5 Häufige angeborene Herzfehler 247
 Vorhofseptumdefekt (ASD) 247
 Ventrikelseptumdefekt (VSD) 248
 Persistierender Ductus arteriosus (PDA) 249
 Fallot-Tetralogie 250
 Aortenisthmusstenose 251
 2.3.6 Perikarditis und Perikarderguss 252

3 Urogenitaltrakt und Retroperitoneum 254
V. Engelbrecht

3.1 Niere und ableitende Harnwege 254
 3.1.1 Radiologische Methoden 254
 Abdomenübersichtsaufnahme 254
 Ausscheidungsurografie 254
 Retrograde Ureteropyelografie 256
 Miktionszystourethrografie 257
 Sonografie 257
 Computertomografie 258
 Magnetresonanztomografie 258
 Angiografie 259
 Kavografie 259
 Lymphografie 259
 Nuklearmedizinische Untersuchungsverfahren 259
 3.1.2 Leitbefunde – vom radiologischen Befund zur Diagnose 260

3.1.3 Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose zum Befund 263
 Angeborene Fehlbildungen 263
 Pyelonephritis 263
 Nierenabszess 264
 Urogenitaltuberkulose 264
 Obstruktive Uropathie 264
 Urolithiasis 266
 Zystische Nierenerkrankungen 268
 Tumoren der Niere und ableitenden Harnwege 272
 Vaskuläre Erkrankungen 275
 Niereninsuffizienz 278
 Verletzungen der Nieren 279
3.2 Männliche Geschlechtsorgane 281
 3.2.1 Radiologische Methoden 281
 Sonografie 281
 CT und MRT 282
 3.2.2 Leitbefunde – vom radiologischen Befund zur Diagnose 282
 3.2.3 Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose zum Befund 283
 Benigne Prostatahyperplasie 283
 Prostatakarzinom 284
 Prostatitis 285
 Hodentorsion 286
 Entzündungen von Hoden und Nebenhoden 287
 Hydrozele 287
 Varikozele 288
 Hodenretention 288
 Maligne Hodentumoren 289
3.3 Weibliche Geschlechtsorgane 290
 3.3.1 Radiologische Methoden 290
 Sonografie 290
 CT und MRT 290
 Hysterosalpingografie 291
 3.3.2 Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose zum Befund 291
 Adnexitis 291
 Uterusmyom 292
 Zervixkarzinom 293
 Korpuskarzinom 293
 Ovarialtumoren 294
3.4 Nebenniere 295
 3.4.1 Radiologische Methoden 295
 Nebennierenzintigrafie 296
 3.4.2 Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose zum Befund 296
 Nebennierenadenom 296
 Nebennierenkarzinom und Nebennierenmetastasen 297
 Phäochromozytom 298
 Neuroblastom 299
3.5 Erkrankungen des Retroperitonealraums 300
 3.5.1 Radiologische Methoden 300
 3.5.2 Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose zum Befund 300
 Retroperitoneale Fibrose 300
 Retroperitoneales Hämatom 301

4	Skelett	302		
	<i>J. D. Moritz; K. Beitzel</i>			
4.1	Radiologische Methoden	302		
4.1.1	Spezielle Anatomie	302		
	Knochenentwicklung	302		
	Akzessorische Knochen	304		
4.1.2	Konventionelle Röntgendiagnostik	304		
	Konventionelle Projektionsradiografie	304		
	Gehaltene Aufnahmen	305		
4.1.3	Sonografie	306		
4.1.4	Computertomografie	307		
4.1.5	Magnetresonanztomografie	308		
4.1.6	Arthrografie	308		
4.1.7	Nuklearmedizinische Verfahren	309		
	Skelettszintigrafie/Knochenszintigrafie	309		
	Positronenemissionstomografie (PET)	310		
4.2	Leitbefunde – vom radiologischen Befund			
	zur Diagnose	310		
4.2.1	Periostale Reaktionen	310		
4.2.2	Veränderungen der Knochendichte	311		
	Zunahme der Knochendichte			
	– Transparenzverminderung	311		
	Herabsetzung der Knochendichte			
	– Transparenzvermehrung	312		
4.2.3	Weichteile	312		
	Veränderungen mit erniedrigter Röntgendichte			
	Veränderungen mit hoher Röntgendichte ..	313		
4.3	Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose			
	zum Befund	315		
4.3.1	Entwicklungsstörungen	315		
	Achondroplasia	315		
	Osteogenesis imperfecta	316		
	Angeborene Hüftgelenksdysplasie	317		
4.3.2	Systemische erworbene Knochenerkrankungen	319		
	Osteoporose	319		
	Osteomalazie und Rachitis	321		
	Primärer Hyperparathyreoidismus (pHPT) ..	322		
	Renale Osteopathie	323		
4.3.3	Vaskulär bedingte Knochenerkrankungen	324		
	Knocheninfarkt	324		
	Aseptische Knochennekrosen	325		
4.3.4	Epiphyseolysis capitis femoris	329		
4.3.5	Osteochondrosis dissecans (OD)	330		
4.3.6	Entzündliche Knochenerkrankungen	331		
	Osteomyelitis	331		
	Weitere Osteomyelitis-Formen	333		
4.3.7	Knochentumoren und			
	tumorähnliche Veränderungen	334		
	Allgemeines	334		
	Benigne und semimaligne Knochentumoren			
	Tumorähnliche Läsionen („Tumor-like lesions“)			
	Maligne primäre Knochentumoren	345		
	Knochenmetastasen	351		
4.3.8	Ostitis deformans Paget	353		
4.3.9	Fibröse Dysplasie (Jaffé-Lichtenstein)	354		
4.3.10	Gelenkerkrankungen	355		
	Degenerative Gelenkerkrankung	355		
	Arthritis urica	357		
	Chondrokalzinose	358		
	Rheumatoide Arthritis	359		
	Arthritis psoriatica	360		
	Reiter-Syndrom	362		
	Spondylitis ankylosans	362		
4.3.11	Allgemeine Traumatologie	362		
	Frakturen	362		
	Besonderheiten im Kindesalter	364		
4.3.12	Spezielle Traumatologie	372		
	Klavikulafraktur	372		
	Akromioklavikularluxation	372		
	Schultergelenkluxation	373		
	Humerusfrakturen	374		
	Unterarmfrakturen	375		
	Kahnbeinfraktur	376		
	Karpometakarpale Verletzungen	377		
	Becken und Hüftgelenk	378		
	Femurfrakturen	379		
	Verletzungen des Kniegelenks	381		
	Unterschenkelfrakturen	382		
	Frakturen von Sprunggelenk und Fuß	382		
5	Gefäßsystem und			
	interventionelle Radiologie	385		
	<i>H.-P. Reuter</i>			
5.1	Arterien	385		
5.1.1	Radiologische Methoden	385		
	Konventionelle Röntgendiagnostik	385		
	Sonografie	385		
	Computertomografie und			
	Magnetresonanztomografie	387		
	Angiografie	390		
5.1.2	Leitbefunde – vom radiologischen Befund			
	zur Diagnose	395		
5.1.3	Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose			
	zum Befund	395		
	Anatomische Varianten und Anomalien	395		
	Angiomatöse Malformationen	396		
	Aneurysmen	398		
	Aortendissektion	401		
	Akuter arterieller Gefäßverschluss	403		
	Chronische arterielle Verschlusskrankheit ..	405		
	Tumordiagnostik	410		
5.2	Venen	411		
5.2.1	Radiologische Methoden	411		
	Phlebografie	411		
	Farbkodierte Duplexsonografie (FKDS)	415		
5.2.2	Wichtige Krankheitsbilder –			
	von der Diagnose zum Befund	415		
	Primäre Varikose	415		
	Phlebothrombose	418		
	Postthrombotisches Syndrom	420		
	Kavathrombose	421		
5.2.3	Lymphsystem	422		
	Radiologische Methoden und Befunde	422		
5.3	Interventionelle Radiologie	423		
5.3.1	Gefäßrekanalisation	423		
	Perkutane transluminale Angioplastie (PTA) ..	423		
	Lokale intraarterielle Fibrinolyse	426		
	Perkutane Aspirations-Thromboembolektomie			
	(PAT)	427		
	Gefäßendoprothesen (Stents)	429		

5.3.2	Arterielle Katheterembolisation	430	Computertomografie	474
5.3.3	Intraarterielle Chemotherapie	431	Magnetresonanztomografie	475
5.3.4	Kava-Filter	432	7.1.2 Leitbefunde – vom radiologischen Befund zur Diagnose	475
6	Ösophagus, Magen, Dünn- und Dickdarm	434	7.1.3 Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose zum Befund	475
	<i>G. Grützner; C. Schmid-Tannwald</i>		Lage- und Formanomalien	475
6.1	Radiologische Methoden	434	Diffuse Lebererkrankungen	476
6.1.1	Konventionelle Röntgendiagnostik	434	Benigne Tumoren	479
	Abdomenübersichtsaufnahme	434	Maligne Tumoren	483
6.1.2	Sonografie	434	Sonstige Lebererkrankungen	486
6.1.3	CT und MRT	435	7.2 Biliäres System	489
6.1.4	Spezielle Untersuchungen	435	<i>A. D. Helck; C.-P. Wallner*</i>	
	Ösophagus-Breischluck	435	7.2.1 Radiologische Methoden	490
	Magen-Darm-Passage (MDP)	436	Konventionelle Röntgendiagnostik	490
	Fraktionierte Dünndarmpassage und Kontrastmitteluntersuchung nach Sellink	437	Orale Cholezystografie	490
	Kontrastmitteldarstellung des Kolons	438	Intravenöse Cholezystografie	490
	CT und MRT des Dünn- und Dickdarms	439	Sonografie	491
	Virtuelle CT- und MR-Kolografie	440	Endoskopisch retrograde Cholangiografie (ERC)	492
	MR-Defäkografie	441	Perkutane transluminale Cholangiografie (PTC)	492
6.2	Leitbefunde – vom radiologischen Befund zur Diagnose	442	Computertomografie	493
6.2.1	Freie Luft im Abdomen	442	Magnetresonanztomografie	494
6.2.2	Spiegelbildung	442	7.2.2 Leitbefunde – vom radiologischen Befund zur Diagnose	495
6.2.3	Verkalkungen	442	Größen- und Formveränderungen der Gallenblase	495
6.3	Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose zum Befund	443	Gallengangsveränderungen	496
6.3.1	Ösophagus	443	7.2.3 Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose zum Befund	496
	Achalasie	443	Cholezystolithiasis	496
	Ösophagusdivertikel	444	Choledocholithiasis	499
	Ösophagusvarizen	445	Cholezystitis	500
	Hiatushernien	446	Cholangitis	502
	Ösophaguskarzinom	448	Primär sklerosierende Cholangitis (PSC)	503
6.3.2	Magen	449	Gallenwegstumoren	503
	Ulcus ventriculi	449	Gallenblasentumoren	504
	Magenkarzinom	451	7.3 Pankreas	505
	Der operierte Magen	453	<i>U. Müller-Lisse; C. Schmid-Tannwald</i>	
6.3.3	Dünn- und Dickdarm	454	7.3.1 Radiologische Methoden	506
	Dünndarmdivertikel	454	Konventionelle Röntgendiagnostik	506
	Ulcus duodeni	455	Sonografie	506
	Einheimische Sprue (Zöliakie)	456	Computertomografie	507
	Maligne Dünndarmtumoren	457	Magnetresonanztomografie	508
	Morbus Crohn	459	Angiografie	511
	Colitis ulcerosa	462	Nuklearmedizinische Verfahren	511
	Ischämische Darmerkrankungen	464	Endoskopische retrograde Cholangio-Pankreatografie (ERCP)	512
	Kolondivertikel	465	7.3.2 Leitbefunde – vom radiologischen Befund zur Diagnose	513
	Kolonpolypen	467	Physiologische Befunde	513
	Kolorektales Karzinom	468	Altersbedingte Veränderungen	513
	Ileus	470	Wichtige pathologische Veränderungen des Pankreas	513
7	Leber, biliäres System, Pankreas, Milz	473	7.3.3 Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose zum Befund	515
7.1	Leber	473	Wichtige Entwicklungsstörungen	515
	<i>T. Helmberger; W. Sommer; C. Zech</i>		Akute Pankreatitis	516
7.1.1	Radiologische Methoden	473	Chronische Pankreatitis	518
	Abdomenübersichtsaufnahme	473	Pankreastumoren	520
	Sonografie	473		

Mukoviszidose	525	9.3.1	Intrakranielle Tumoren	559
Hämochromatose	525		Allgemeines	559
Pankreasverletzungen	525		Radiologische Diagnostik	561
Pankreastransplantation	525	9.3.2	Demenzielle Erkrankungen	569
7.4 Milz	526	9.3.3	Zerebrovaskuläre Erkrankungen	575
<i>C. Born; K. Herrmann</i>			Akute zerebrale Ischämie	575
7.4.1 Radiologische Methoden	526		Sinus- und Hirnvenenthrombose	581
Konventionelle Röntgendiagnostik	526		Gefäßfehlbildungen	584
Sonografie	527		Intrazerebrale Blutungen	587
Computertomografie	528	9.3.4	Traumatische Schäden des Gehirns	593
Magnetresonanztomografie	528		Commotio cerebri	593
Angiografie	529		Contusio cerebri	593
Nuklearmedizinische Verfahren	529		Posttraumatisches Subduralhygrom	594
7.4.2 Leitbefunde – vom radiologischen Befund			Epiduralhämatom	595
zur Diagnose	530		Subduralhämatom	596
Umschriebene Milzveränderungen	530	9.3.5	Entzündliche Erkrankungen	598
Diffuse Milzveränderungen	532		Meningitis	598
Entzündliche und infektiöse Erkrankungen			Enzephalitis	599
der Milz	534		Toxoplasmose	601
7.4.3 Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose			Hirnabszess	602
zum Befund	534	9.3.6	Entmarkungs- und Speicherkrankheiten	603
Anomalien, Lage- und Normvarianten	534		Multiple Sklerose	603
Vaskuläre Milzerkrankungen	534		Morbus Wilson	606
Milzverletzungen	536	9.3.7	Hydrozephalus	607
Portale Hypertension	538	9.3.8	Neuropädiatrische Erkrankungen	609
			Perinatale Blutungen	609
			Hypoxisch-ischämisch bedingte	
			Hirnschädigung	610
8 Mamma	540	10 Wirbelsäule und Spinalkanal	612	
<i>K. Hellerhoff; T. Schloßbauer; D. Klütsch*</i>		<i>J. Scheidler, I. Körte</i>		
8.1 Radiologische Methoden	540	10.1 Wirbelsäule	612	
8.1.1 Mammografie	540	10.1.1 Radiologische Methoden	612	
8.1.2 Galaktografie	545		Konventionelle Röntgendiagnostik	612
8.1.3 Sonografie	545		Computertomografie	613
8.1.4 Magnetresonanztomografie	546		Magnetresonanztomografie	614
8.1.5 Interventionelle Mammadiagnostik	547		Nuklearmedizinische Verfahren	614
Gewebeentnahmen (Biopsien)	547	10.1.2 Leitbefunde – vom radiologischen Befund		
Präoperative Markierung	548	zur Diagnose	614	
8.2 Leitbefunde – vom radiologischen Befund		Übergangswirbel	614	
zur Diagnose	548	Blockwirbel	615	
8.3 Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose		Form- und Größenänderungen	615	
zum Befund	548	Kyphose	617	
8.3.1 Akute Mastitis puerperalis und nonpuerperalis	548	10.1.3 Wichtige Krankheitsbilder –		
8.3.2 Mastopathie	549	von der Diagnose zum Befund	617	
8.3.3 Fibroadenom	550	Skoliose	617	
8.3.4 Zysten	551	Enger Spinalkanal	618	
8.3.5 Mammakarzinom	551	Basiläre Impression	619	
		Morbus Scheuermann	620	
9 ZNS	555	Spondylolisthesis und Spondylolyse	621	
<i>D. Uhlenbrock; J. Reinartz</i>		Rheumatoide Arthritis	622	
9.1 Radiologische Methoden	555	Degenerative Erkrankungen der Wirbelsäule	623	
9.1.1 Konventionelle Röntgendiagnostik	555	Bandscheibenvorfall	624	
9.1.2 Sonografie	555	Spondylitis ankylosans	626	
9.1.3 Computertomografie	555	Arthritis psoriatica	628	
9.1.4 Magnetresonanztomografie	556	Arthritis bei Morbus Reiter	628	
9.1.5 Angiografie	557	Spondylitis und Spondylodiszitis	628	
9.1.6 Nuklearmedizinische Diagnostik	557	Frakturen der Wirbelsäule	629	
9.2 Leitbefunde – vom CT-Befund zur Diagnose	558	(Disko)ligamentäre Verletzungen	634	
9.3 Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose				
zum Befund	559			

10.2 Spinalkanal	635	Trachealstenose	669
10.2.1 Radiologische Methoden	635	Halszysten	669
10.2.2 Leitbefunde – vom radiologischen Befund zur Diagnose	635	12.2 Halslymphknoten	670
Raumforderungen	635	12.2.1 Radiologische Methoden und Beurteilung	670
10.2.3 Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose zum Befund	640	Metastatisch befallene Lymphknoten	670
Hydro- und Syringomyelie	640	Maligne Lymphome	671
Arnold-Chiari-Malformation	641	Entzündlich veränderte Lymphknoten	671
Commotio und Contusio spinalis	642	12.3 Schilddrüse	672
Myelitis transversa	642	12.3.1 Allgemeines	672
10.3 Interventionell-radiologische Verfahren an der Wirbelsäule	643	12.3.2 Diagnostik	672
10.3.1 Perkutane Biopsien und Knochenstanzen	643	Anamnese und klinischer Befund	672
10.3.2 Bildgesteuerte Interventionen bei degenerativen Erkrankungen der Wirbelsäule und der Bandscheibe	643	Radiologische Methoden	673
Facetteninfiltration/Facettenblockade	643	Serum-Diagnostik (in vitro) der Schilddrüsenfunktion	674
Periradikuläre Therapie (PRT)	644	12.3.3 Leitbefunde – vom radiologischen Befund zur Diagnose	674
Intradiskale elektrothermale Therapie (IDET) .	645	12.3.4 Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose zum Befund	675
10.3.3 Perkutane Vertebroplastie und Kyphoplastie .	645	Blande Struma	675
11 Schädelbasis, Gesichtsschädel und Orbita	647	Funktionelle Autonomie	675
<i>T. J. Vogl</i>		Morbus Basedow	676
11.1 Radiologische Methoden	647	Malignome der Schilddrüse	676
11.1.1 Konventionelle Röntgendiagnostik	647	12.4 Nebenschilddrüse	677
11.1.2 Sonografie	651	12.4.1 Radiologische Methoden	677
11.1.3 Computertomografie	651	13 Bildgebende Diagnostik im Kindesalter	678
11.1.4 Magnetresonanztomografie	652	<i>K. Schneider; I. Krüger-Stollfuß; R. Kursawe*</i>	
11.1.5 Angiografie	653	13.1 Allgemeines	678
11.1.6 Sialografie	653	13.2 Thoraxdiagnostik in der Neonatologie	678
11.1.7 Nuklearmedizinische Verfahren	653	13.2.1 Radiologische Methoden	678
11.2 Leitbefunde – vom radiologischen Befund zur Diagnose	654	13.2.2 Wichtige Krankheitsbilder	679
11.3 Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose zum Befund	655	Surfactantmangelsyndrom	679
11.3.1 Sinusitis	655	„Nasse Lunge“	681
11.3.2 Mukozele	656	Mekoniumaspirationssyndrom (MAS)	682
11.3.3 Nasopharynx-tumoren	657	Pneumonien des Neugeborenen	683
11.3.4 Orbitatumoren	659	Bronchopulmonale Dysplasie (BPD)	684
11.3.5 Frakturen	660	Lungen- und Trachealfehlbildungen	685
Schädelbasisfrakturen	660	Kongenitale Zwerchfellhernien	689
Jochbeinfraktur	661	Zwerchfelllähmung und Relaxatio diaphragmatica	690
Mittelgesichtsfrakturen	662	13.2.3 Differenzialdiagnostische Übersicht	691
Orbitabodenfraktur	662	13.3 Urogenitaltrakt	692
11.3.6 Speicheldrüsentumoren	663	13.3.1 Radiologische Methoden	692
12 Hals	665	Sonografie	692
<i>R. Brüning</i>		Miktionszysturografie (MCU)	693
12.1 Larynx, Trachea und Hypopharynx	665	Ausscheidungsurografie (AUG)	694
12.1.1 Radiologische Methoden	665	13.3.2 Wichtige Krankheitsbilder	694
Larynx	665	Harnabflussstörung durch kongenitale Obstruktionen der ableitenden Harnwege ...	694
Trachea	666	Harnabflussstörung durch Konkremente	700
Hypopharynx	666	Harnabflussstörung durch Raumforderungen .	700
12.1.2 Wichtige Krankheitsbilder – von der Diagnose zum Befund	667	13.4 Gastrointestinaltrakt	701
Laryngozele	667	13.4.1 Radiologische Methoden	701
Larynxkarzinom	668	Sonografie	701
		Übersichtsaufnahmen des Abdomens	701
		Kontrastmitteluntersuchung des Magen-Darm-Traktes	702
		Weitere bildgebende Verfahren	703

13.4.2	Wichtige Krankheitsbilder	703	13.5	Erkrankungen von Herz und Gefäßen	709
	Ösophagusatresie	703	13.6	Erkrankungen des Skelettsystems	709
	Hypertrophe Pylorusstenose	704		Quellenverzeichnis	711
	Atresien und Stenosen des Dünndarmes	705		Sachverzeichnis	714
	Nekrotisierende Enterokolitis (NEC)	706			
	Megakolon	707			
	Invagination	707			
	Appendizitis	708			