

Inhalt

Teil 1 Grundlagen

1	Physiologie des Sehens	19
1.1	Allgemeine sinnesphysiologische Betrachtungen	19
1.2	Das Auge	21
1.2.1	Adäquater Reiz	21
1.2.2	Anatomie	22
1.3	Funktionsmechanismen	23
1.3.1	Abbildungsmechanismus	23
1.3.2	Abbildungsfehler	23
1.3.3	Augenfehler	24
1.3.4	Akkommodationsvorgang	25
1.3.5	Augenbewegungen	25
1.3.6	Tiefenschärfe	27
1.4	Transformation von Licht in Erregung	27
1.4.1	Anatomie der Netzhaut	27
1.4.2	Ortsauflösung	28
1.4.3	Kontrastauflösung	30
1.4.4	Adaptation	32
1.4.5	Farbempfindlichkeit	36
1.4.6	Zeitauflösung	38
1.5	Nervöse Verarbeitung	40
1.5.1	Anatomie der Sehbahn	40
1.5.2	Räumliches Sehen	40
1.5.3	Optischer Sehraum	42
1.5.4	Optische Täuschungen	42
1.5.5	Optisches Gedächtnis	43
2	Algorithmen zur Bildrekonstruktion und Systemtheorie	44
2.1	Einführung in die Bildrekonstruktion	44
2.1.1	Tomographisches Meßprinzip am Beispiel der CT	45
2.1.2	Prinzipien der Bildrekonstruktion	45
2.2	Einführung in die Systemtheorie	47
2.2.1	Stationäre lineare Systeme und das Faltungsintegral	48
2.2.2	Die Fourier-Transformation	52

2.2.3	Abtastung und Periodizität	55
2.2.4	Lokalisierung und Filterung	59
2.2.5	Endliche diskrete Signalverarbeitung	60
2.2.6	Mehrdimensionale Signalverarbeitung	61
2.3	Rekonstruktionsverfahren für tomographische Abbildungssysteme	62
2.3.1	Radon-Transformation und ihre Beziehung zur Fourier-Transformation	62
2.3.2	Integraltransformationsverfahren, insbesondere Faltungenverfahren	63
3	Quantitative Erfassung der Bildgüte	68
3.1	Beschreibung der Bildgüte im Grenzfall vernachlässigbaren Bildrauschens	69
3.2	Mathematische Einführung der MTF	70
3.3	Die MTF als Kriterium für die Güte eines Abbildungssystems	74
3.4	Praktische Aspekte der MTF-Messung	75
3.5	Erfassung rauschartiger Bildstörungen	77
3.6	Bildgütebeurteilung bei gleichzeitiger Berücksichtigung aller Einflußgrößen	79
3.7	Abschließende Wertung	82
3.8	Zusammenhang der MTF mit der Fourier-Transformation	82
4	Röntgen- und Gammastrahlung	84
4.1	Erzeugung von Röntgen- und Gammastrahlung	84
4.1.1	Röntgenbremsstrahlung	85
4.1.2	Charakteristische Strahlung	87
4.1.3	Wirkungsgrad der Röntgenstrahlenerzeugung	88
4.1.4	Intensität und Qualität der Röntgenstrahlung	89
4.1.5	Targetmaterial	90
4.2	Wechselwirkung von Röntgen- und Gammastrahlen mit Materie	91
4.2.1	Auftretende Effekte beim Durchdringen der Röntgen- und Gammastrahlen durch Materie	91
4.2.2	Phänomenologische Beschreibung der Effekte	93
4.2.3	Photoeffekt, quantitativ	96
4.2.4	Streuungseffekte	100
4.2.5	Wechselwirkungen mit realen Körpern	106
5	Prinzipien der Röntgen-Computertomographie	109
5.1	Prinzipien	110
5.1.1	Weichteilkontrast bzw. Strahlenschwächung bei der klassischen Röntgentechnik	110
5.1.2	Einführung in das Verfahren	110
5.1.3	Meßprinzipien	111
5.1.4	Bilderzeugung	112

5.2	Realisierung	116
5.2.1	Grenzen des Strahler-Meßsystems	116
5.2.2	Bilddarstellung	119
5.3	Bildgüte	122
5.3.1	Auflösung bei hohem Kontrast	123
5.3.1.1	MTF des Meßsystems	124
5.3.1.2	MTF des Algorithmus	125
5.3.2	Auflösung bei niedrigem Kontrast	127
5.3.2.1	Kontrast	127
5.3.2.2	Rauschen	127
5.3.2.3	Bildpunkt-(Pixel-)Rauschen	129
5.3.2.4	Niedrigkontrastauflösung	130
5.3.3	Artefakte	131
5.3.3.1	Abtastfehler	131
5.3.3.2	Teilvolumenartefakte und Schichtdicke	134
5.3.3.3	Aufhärtungs- und Streustrahlartefakte	135
5.3.3.4	Bewegungsartefakte	136
5.4	Rekonstruktionsalgorithmen für Parallelstrahl- und Fächerstrahlssysteme	137
5.4.1	Parallelstrahlssysteme	137
5.4.2	Fächerstrahlssysteme	139
5.5	Spiral-CT	141
5.5.1	Aufnahme- und Rekonstruktionsprinzip	141
5.5.2	Bildqualität	146
5.5.2.1	Bildpunktrauschen	146
5.5.2.2	Schichtempfindlichkeitsprofile	147
5.5.3.3	Niedrigkontrast- und Ortsauflösung in Vorschubrichtung	149
6	Kernmagnetische Resonanz	152
6.1	Grundlagen	152
6.1.1	Kernmagnetisierung	152
6.1.2	Blochsche Gleichungen	155
6.1.3	Relaxation	157
6.1.4	Kernresonanzexperiment	160
6.1.5	Impulsverfahren zur T_2 -Bestimmung	163
6.1.6	Impulsverfahren zur T_1 -Bestimmung	166
6.1.7	Kernresonanzspektroskopie	168
6.1.8	Dynamisches Gleichgewicht (Steady State)	169
6.1.9	Signal-Rausch-Verhältnis	172
6.2	Verfahren zur Ortsauflösung	176
6.2.1	Kernresonanzsignal im magnetischen Feldgradienten	176
6.2.2	Selektive Anregung	179
6.2.3	Pulssequenz und Kontrast	183
6.2.4	Fluß im Kernresonanzbild	187

7	Ultraschalltechnik	191
7.1	Einleitung	191
7.2	Schallfeld	192
7.2.1	Wellengleichung	192
7.2.2	Schallfeldgrößen	195
7.2.3	Schallausbreitung	197
7.2.3.1	Absorption	197
7.2.3.2	Reflexion und Brechung	198
7.2.3.3	Streuung	199
7.2.3.4	Beugung	201
7.2.3.5	Doppler-Effekt	204
7.2.3.6	Stoßwellen	205
7.3	Bildgebungsverfahren	208
7.3.1	Prinzip des Echoimpulsverfahrens	208
7.3.2	Ultraschallwandler	210
7.3.3	Bildaufbauverfahren	211
7.3.4	Verfahren zur Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit	214
7.3.4.1	CW-Doppler	214
7.3.4.2	Puls-Doppler	215
7.3.4.3	Farb-Doppler	218
7.3.4.4	Flußbestimmung durch Laufzeitverfahren	220
7.4	Sicherheitsaspekte	221
7.4.1	Kavitationseffekte	222
7.4.2	Temperatureffekte	223

Teil 2 Technische Lösungen

8	Röntgendiagnostik	229
8.1	Bilderzeugung	230
8.1.1	Röntgenröhre	230
8.1.2	Streustrahlung und ihre Reduzierung	250
8.1.2.1	Einfluß der Streustrahlung auf das Röntgenbild	250
8.1.2.2	Abhängigkeit des Streustrahlenanteils von den Strahlparametern	252
8.1.2.3	Streustrahlenreduktion durch Kompression, Einblendung und Abstandsvergrößerung	253
8.1.2.4	Streustrahlenreduktion durch Raster	254
8.1.2.5	Streustrahlenreduktion durch Filter und Schlitzblende	261
8.1.3	Verstärkungsfolien und Röntgenfilme, Speicherfolien	262
8.1.3.1	Verstärkungsfolien	262
8.1.3.2	Röntgenfilme	268
8.1.3.3	Speicherfolien	270
8.1.4	Röntgeneratoren und Steuerungen	275

8.1.4.1	Hochspannungskreis	278
8.1.4.2	Heizkreis	279
8.1.4.3	Drehanoden-Antriebssystem	280
8.1.4.4	Zeitschalter und Belichtungsautomatik	281
8.1.4.5	Automatische Steuerung und Bedienung	286
8.1.5	Röntgenbildverstärker	293
8.1.5.1	Funktionsweise des Röntgenbildverstärkers	294
8.1.5.2	Röntgenleuchtschirm (Eingangleuchtschirm)	297
8.1.5.3	Photokathode	300
8.1.5.4	Elektronenoptische Abbildung	300
8.1.5.5	Ausgangsleuchtschirm	302
8.1.5.6	Gesamter Verstärkungsfaktor, Konversionsfaktor	303
8.1.5.7	Auflösungsvermögen, Modulationsübertragungsfunktion (MTF), Grobkontrast	304
8.1.5.8	Weiterverarbeitung des Röntgenbildverstärker-Ausgangsbildes	306
8.1.6	Röntgenfernsehen	308
8.1.6.1	Fernsehaufnahmeröhren	308
8.1.6.2	Halbleiter-Bildsensoren	312
8.1.6.3	Monitore	316
8.1.6.4	Örtliche Modulationsübertragungsfunktion	321
8.1.6.5	Zeitliche Modulationsübertragungsfunktion	324
8.1.6.6	Quantenrauschen, Verstärkerrauschen	325
8.1.6.7	Abtastarten	326
8.1.7	Bildqualität in der Röntgendiagnostik	329
8.2	Digitale Bildspeicherung und Bildverarbeitung	333
8.2.1	Einzelbildspeicherung	333
8.2.1.1	Prinzip und Technik	333
8.2.1.2	Medizinische Anwendung	336
8.2.2	Mehrbildspeicher	337
8.2.3	Digitale Bildverarbeitung	341
8.2.4	Digitale Subtraktionsangiographie (DSA)	350
8.2.5	Digitale Bildauswertung	355
8.2.5.1	Grundlagen der quantitativen Bildauswertung	355
8.2.5.2	Quantitative Auswertung von Ventrikulogrammen	355
8.2.5.3	Quantitative Auswertung von Koronarangiogrammen	360
8.2.5.4	Messung des Blutflusses	364
8.2.5.5	Berechnung von Funktionsbildern	366
8.2.6	Bilddokumentationssystem (BDS), Multiformatkamera (MFK)	367
8.2.6.1	Typeneinteilung der BDS, die als MFK verwendet werden	369
8.2.6.2	Filmmaterial und Kennlinienanpassung für BDS	373
8.2.6.3	Systemeigenschaften der verschiedenen BDS-Typen	375
8.2.6.4	Sicherung der Bildqualität (BQ)	380
8.3	Beispiele für Röntgensysteme	383
8.3.1	Systeme für universelle Angiographie mit digitaler Subtraktionsangiographie	385
8.3.2	Systeme für Angiokardiographie	401

8.3.3	Systeme für Durchleuchtung	410
8.3.4	Systeme für Mammographie	415
8.3.5	Systeme für Lithotripsie	418
9	Röntgen-Computertomographie	429
9.1	Geräteausführung	429
9.1.1	CT-Anlage und ihre Komponenten	429
9.1.2	Aufnahmeggerät	430
9.1.2.1	Abtasteinheit (Gantry)	431
9.1.2.2	Patientenlagerung und Schichtpositionierung	433
9.1.3	Aufnahmesystem	437
9.1.3.1	Hochspannungserzeugung und Röntgenstrahler	437
9.1.3.2	Meßsystem	439
9.1.3.3	Strahlengang	442
9.1.3.4	Dosisverteilung	443
9.1.4	Rechnersystem	445
9.1.5	Bedienkonzept	445
9.2	Bilddarstellung und -dokumentation	447
9.2.1	Bilddarstellung	447
9.2.2	Bilddokumentation und -archivierung	449
9.2.2.1	Fotografie	450
9.2.2.2	Digitale Bildspeicherung	451
9.3	Spezielle Anwendungen der CT	451
9.3.1	Spiral-CT	453
9.3.2	Quantitative CT	455
9.3.2.1	Messung von Knochendichte und -belastbarkeit	456
9.3.2.2	Messung von Lungendichte und -struktur	461
9.3.2.3	Messung von Koronararterienverkalkungen	465
9.3.3	Bildnachbearbeitung	465
9.3.3.1	2D-Darstellung: Planung von Kieferimplantaten mit Dental-CT	466
9.3.3.2	3D-Darstellung: CT-Angiographie	466
10	Nuklearmedizin	470
10.1	Bildgebung mit Einzelphotonenemittern Meßprinzipien und Geräte	471
10.1.1	Szintillationsdetektor	471
10.1.2	Gammakamera (Anger-Kamera)	473
10.1.3	Schnittbildverfahren SPECT	485
10.2	Bildgebung mit Positronenemittern – Meßprinzipien und Geräte	491
10.2.1	Meßprinzip	491
10.2.2	Auflösung	492
10.2.3	Eigenschaften	495
10.2.4	Quantifizierung	496
10.2.5	Volumenmessung	497

10.2.6	Erzeugung von Positronenstrahlern	498
10.2.7	Klinische PET-Anwendungen	499
11	Magnetresonanztomographie	501
11.1	Anlagenübersicht und Zusammenfassung	501
11.2	Anlagenkomponenten	504
11.2.1	Grundfeldmagnet	504
11.2.2	Gradientensystem	521
11.2.3	HF-System	529
11.2.4	Anlagensteuerung und Rechnersystem	540
11.2.5	Meßobjektabhängige Systemkalibrierung	541
11.3	Applikationen	544
11.3.1	Spinecho-Pulssequenzen	544
11.3.2	Gradientenechosequenzen	557
11.3.3	Echoplanarverfahren	569
11.3.4	Artefakte und Gegenmaßnahmen	572
11.3.4.1	Bewegungsartefakte	573
11.3.4.2	Chemische Verschiebung	582
11.3.4.3	Magnetische Suszeptibilität	588
11.3.5	MR-Angiographie	590
11.3.5.1	Time-of-Flight-(TOF)-MR-Angiographie	591
11.3.5.2	Dreidimensionale TOF-MR-Angiographie	594
11.3.5.3	Kontrastverbesserung bei dreidimensionaler TOF-MR-Angiographie	596
11.3.5.4	Phasensensitive MR-Angiographie	598
11.3.5.5	Flußmessung	605
11.3.6	Kontrastmittel	606
11.3.7	Klinische MR-Spektroskopieverfahren	612
12	Sonographie	622
12.1	B-Bildverfahren	623
12.1.1	Schallfeld	623
12.1.2	Bildverfahren	624
12.1.3	Elektronische Scanner	625
12.1.3.1	Linear-Array	625
12.1.3.2	Convex-Array (Curved-Array)	627
12.1.3.3	Phased-Array	628
12.1.3.4	Fokussierung	629
12.1.3.5	Bildfrequenz	632
12.1.4	Mechanische Sektorscanner	632
12.1.4.1	Abtastprinzipien	633
12.1.4.2	Annular-Array	636
12.1.5	Gerätetechnik	638

12.1.6	Schallkopfwahl	642
12.1.7	Physikalische Effekte (Artefakte)	647
12.1.8	3D-Technik	649
12.2	Spektrale Doppler-Sonographie	651
12.2.1	Doppler-Effekt	653
12.2.2	CW- und PW-Doppler	654
12.2.3	Demodulation und Doppler-Signalverarbeitung	655
12.2.4	Quadratur-Phasendetektor	659
12.2.5	Aliasing und Base-line-shift	660
12.2.6	Winkelkorrektur	662
12.2.7	Schallköpfe für die Duplex-Sonographie	663
12.2.8	Auswerteverfahren	664
12.3	Farbdoppler-Sonographie	671
12.3.1	Autokorrelation	672
12.3.2	Farbdoppler-Prozessor	674
12.3.3	Farbdoppler-Bildrate	676
12.3.4	Gerätetechnik und Einsatz des Farbdopplers	677
13	Integrierte Informationssysteme für die radiologische Diagnostik	680
13.1	Informationsverbund in der radiologischen Abteilung	680
13.1.1	Bild-Informationssystem	681
13.1.2	Management-Informationssystem	682
13.1.3	Informationsverbund zur Krankenhausadministration	683
13.1.4	Informationsverbund zum Krankenhaus-Informationssystem	683
13.2	Picture Archiving and Communication System (PACS)	684
13.2.1	Aufgabenstellung	684
13.2.2	Systemkonzept	685
13.2.3	Standardisierung	686
13.2.4	Datenvolumen und Zugriffshäufigkeit	687
13.2.5	Anforderungen an das System	688
13.3	Siemens-System SIENET	689
13.3.1	Strukturierte Systemarchitektur	689
13.3.2	Bildspeicherung und Archivierung	691
13.3.3	Kommunikationsnetz	693
13.3.4	Bildarbeitsplätze	694
13.3.5	Bildverteilung	696
13.4	Systemplanung, Systemrealisierung, Systembetrieb	696
	Literatur	697
	Stichwortverzeichnis	719