

Inhaltsverzeichnis

Grundlagen	11
1 Vom Kernspin zur Magnetresonanz	12
Historie	12
Grundlegende Kontraste	13
Vom Bild zum Kernspin	14
Vom Atom zum Kernspin	15
Vom Kernspin zur Magnetresonanz	19
2 Gewebespezifische Parameter in der MRT	20
Protonendichte (PD)	20
T1-Relaxation	21
T2-Relaxation	22
Magnetische Suszeptibilität χ	23
T2*-Relaxation	23
Bloch-Gleichungen	24
3 Anregung und räumliche Kodierung in der MRT	25
Spin-Echo	25
Räumliche Kodierung	27
Sequenz und Sequenzdiagramm	29
k-Raum	30
k-Raum aus der Perspektive der Datenakquisition	30
k-Raum aus der Perspektive der „Raumfrequenzen“	31
k-Raum aus der Perspektive der Bildrekonstruktion	32
4 Systemkomponenten eines MRT	35
Magnet	35
Magnetfeldgradientenspule	36
HF-Spulen	36
„Geräteraum“	37
Steuerrechner und Bedienkonsole	38

5 Sicherheitsrelevante Aspekte in der MRT	40
Quench – Flüssigkeiten und Gase	40
Statisches Magnetfeld B_0 – Anziehungskräfte	42
Aneurysmen-Clips	43
Orthopädische Implantate	44
Magnetische Haftimplantate	44
Mechanische Herzklappen	44
Liquorshunts	45
Fixateur interne	46
Herzschrittmacher	47
Neurostimulatoren	48
Cochlea-Implantate	48
Gefäßprothesen (Stents)	49
Mechanische Kontrazeptiva	49
Zahnsparungen und Fixierplättchen	50
Körperschmuck	50
Wechselwirkung mit HF	51
EKG-Elektroden	51
Patientenbedingte Stromschleifen	51
Tätowierungen und permanentes Make-up	52
SAR-Belastung des Patienten	53
Periphere Nervenstimulation (PNS)	54
Lärmbelastung	54
6 Programme, Protokolle und Sequenzen	56
„Bildqualität“	56
Signal-Rausch-Verhältnis (SNR)	57
Kontrast-Rausch-Verhältnis (CNR)	57
Repetitionszeit (TR)	58
Echozeit (TE)	59
Distanzfaktor – die Schichtlücke	60
Interpolation	61
Swap – Vertauschen von	
GP- und GA-Richtung	62
Echozuglänge (ETL)	63
Anzahl der Mittelungen (n_{acq})	64
Schichtdicke (d)	65
Bildbereich (FoV)	66
Asymmetrisches FoV (FoV _p)	67
Matrixgröße (Mat _p)	68
Asymmetrische Matrix (Mat _{asym})	69
„Partial Fourier“ (GP _{pf})	70
„Oversampling“ (GP _{ov})	71
PAT-Faktor	73
Von 2D nach 3D (GP _{S,3D})	78
7 MR-Sequenzfamilie – die „Wichtigsten“	79
Einzel-Echo-Techniken	80
Spin-Echo-Sequenz (SE)	80
Gradienten-Echo Sequenz (GRE)	80
Steady State Free Precession Sequenzen (SSFP)	80
Fettsättigung (FS)	81
Short Tau Inversion Recovery (STIR)	83
Spektral selektive Inversion Recovery (SPIR)	85
Fluid Attenuated Inversion Recovery (FLAIR)	85
IR und IRM	86
TIR, TIRM und IR-FSE	89
SPACE, CUBE, VISTA	90
RESTORE, DRIVE und FRFSE	91
8 MR-Angiografie (MRA) – die „Gängigen“	92
Interpolation Through Nulling (ITN)	99
2D-ToF-MRA	100
Flussquantifizierung mit MR (FQ)	102
Grundprinzip	103
TWIST und TRICKS – zeitaufgelöste ceMRA	103
9 Diffusionsgewichtete Bildgebung (DWI)	104
Trace-gewichtete Bildgebung	106

10 MR-Sequenzfamilie – der „Rest“	110
GRE in der ToF-MRA	111
GRE in der PC-MRA und FQ	111
Fourier-Interpolation (VIBE)	112
GRE in der DCE-Bildgebung	112
GRE in der T1w (bei 3 T)	113
GRE bei der In-Phase-/	
Opposed-Phase-Bildgebung	114
Steady State Free Precession (SSFP)	116
FLASH, SPGR, FFE-T1	116
trueFISP, FIESTA, bFFE	116
FISP, GRASS, FFE	117
CISS, 3D-PC-FIESTA	118
PSIF, SSFP, FFE-T2	118
DESS	119
TFL, FSPGR, TFE	119
MP-RAGE	120
Multi-Echo-GRE	120
MEDIC, MERGE	120
„Hybride“	121
TCSE, GRASE	121
Single-Shot-Techniken	122
HASTE, SSFSE, UFSE	122
EPI	123
HASTIRM, IR-SS-FSE, IR-SS-TSE	124
SE-EPI, DW-SE-EPI	124
11 k-Raum-Trajektorien	125
FID-EPI	125
„Blipped“ EPI (bEPI)	126
„Spirale“ EPI (sEPI)	126
„Radiale“ EPI (rEPI)	126
BLADE, PROPELLER, MultiVane	127
12 Perfusionsgewichtete Bildgebung (PWI)	128
13 Suszeptibilitätswichtung (SWI)	129
14 Diffusionstensor-Bildgebung (DTI)	130
15 Funktionelle Bildgebung (fMRI)	131
Paradigmen in der fMRI	132
Kartierung von Hirnfunktionen	133
16 Artefakte in der MRT	134
„Nützliche“ Artefakte in der MRT	134
Blutungen	134
BOLD-Imaging	135
PWI-Imaging	135
SWI-Imaging	135
„Lästige“ Artefakte in der MRT	136
Patientenbedingte Artefakte	136
Methodisch bedingte Artefakte	138
Bedienerverursachte Artefakte	140
Systembedingte Artefakte	142

17 Hochfeldbildgebung	148		
SNR-Steigerung über Tesla	148	Dramatische Zunahme von Metallartefakten	153
T1-Verlängerung durch mehr Tesla	149	Zunahme der B₁-Inhomogenitäten	155
T1-Wichtung über GRE	150	Zunahme von Bewegungsartefakten	156
Bessere Darstellbarkeit von Blutungen	152	SAR-Herausforderung	156
Höhere Signaldifferenzen in der fMRI	153		
 18 Stand der Technik und Visionen	158		
Magnet	158	MR-geführter fokussierter Ultraschall (MRgFUS)	168
Magnetfeldgradientenspule	159	MR-Elastografie (MRE)	169
HF-Spulenteknologie	159	Compressed Sensing (CS)	170
Parallele Akquisitionstechniken (PAT)	160	Move During Scan (MDS)	170
TX-Arrays	161	Arbeitsflussoptimierung	171
Anwendungsfelder-Applikationen	162	Automatische Positionierung	171
Bewegungskorrektur	162	Patienten- und situationsangepasste Untersuchungsprogramme	172
Separation von Fett und Wasser	163	Hybrid-Technologien	172
MR-Spektroskopie (MRS)	164	MR-PET	172
Parametrische Bildgebung	165	MR-LINAC	172
Perfusionsmessung ohne Kontrastmittel (ASL)	166		
MRA ohne Kontrastmittel (non-ceMRA) ...	166		
 Literatur	173		
 Sachverzeichnis	176		