

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> . . . . .	5
<b>Anschriften</b> . . . . .	11

## Teil 1

### Grundlagen

<b>1</b>	<b>Physikalische Grundlagen der Magnetresonanztomografie</b> . . . . .	14
	<i>Stephan Klumpp, Martin J. Schmidt</i>	
1.1	<b>Das Proton als kleinster Baustein der Magnetresonanztomografie</b> . . . . .	14
1.2	<b>MR-Signal</b> . . . . .	15
1.2.1	Relaxation . . . . .	15
1.2.2	Wichtung einer Aufnahmesequenz . . . . .	18
1.2.3	Auswahl einer Schicht und Ortskodierung der Bildelemente . . . . .	21
1.2.4	Spezielle Sequenztypen . . . . .	22
1.3	<b>Technischer Aufbau eines Magnetresonanztomografen</b> . . . . .	24
1.3.1	Magnet . . . . .	24
1.3.2	Patiententisch . . . . .	25
1.3.3	Gradientensystem . . . . .	25
1.3.4	Hochfrequenzsystem . . . . .	25
1.3.5	Sende- und Empfangsspulen . . . . .	25
1.3.6	Sicherheitsaspekte . . . . .	26
1.4	<b>Artefakte</b> . . . . .	26
1.4.1	Bewegungsartefakt . . . . .	26
1.4.2	Suszeptibilitätsartefakt . . . . .	26
1.4.3	Einfaltungsartefakt (Einfaltung) . . . . .	27
1.4.4	Chemical-Shift-Artefakt . . . . .	27
1.4.5	Trunkationsartefakt . . . . .	28
1.4.6	Flussartefakt . . . . .	28
	Literatur . . . . .	28
<b>2</b>	<b>Anatomie des Zentralnervensystems</b> . . . . .	29
	<i>Martin J. Schmidt</i>	
2.1	<b>Einleitung</b> . . . . .	29
2.2	<b>Rückenmark (Medulla spinalis)</b> . . . . .	30
2.3	<b>Rautenhirn (Rhombenzephalon)</b> . . . . .	31
2.3.1	Verlängertes Mark (Medulla oblongata, Myelenzephalon) . . . . .	31
2.3.2	Hinterhirn (Metenzephalon) . . . . .	31
2.4	<b>Mittelhirn (Mesenzephalon)</b> . . . . .	33
2.5	<b>Vorderhirn (Prosenzephalon)</b> . . . . .	33
2.5.1	Zwischenhirn (Dienzephalon) . . . . .	34
2.5.2	Endhirn (Telenzephalon) . . . . .	36
2.6	<b>Atlas</b> . . . . .	53
2.7	<b>Postnatale Entwicklung des Gehirns beim Hund</b> . . . . .	53
2.7.1	Postnatale Gyriifikation des Gehirns beim Hund . . . . .	54
2.7.2	Allgemeine Formentwicklung des Gehirns . . . . .	55
2.7.3	Postnataler Verlauf der Myelinisierung . . . . .	55
2.8	<b>Das Gehirn des alten Hundes</b> . . . . .	55
2.8.1	Vaskuläre Altersveränderungen (Mikroblutungen) . . . . .	58
2.9	<b>Übersicht über die Gefäßversorgung des Zentralnervensystems</b> . . . . .	59
2.9.1	Gefäßversorgung des Gehirns . . . . .	59
2.9.2	Gefäßversorgung des Rückenmarks . . . . .	63
	Literatur . . . . .	63

<b>3</b>	<b>Bildinterpretation</b> . . . . .	65
	<i>Martin J. Schmidt, Antje Hartmann</i>	
<b>3.1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	65
<b>3.2</b>	<b>Morphologische Beschreibung einer Läsion</b> . . . . .	65
3.2.1	Lokalisation . . . . .	65
3.2.2	Anzahl der Läsionen. . . . .	71
3.2.3	Form einer Läsion . . . . .	71
3.2.4	Signalelement . . . . .	72
3.2.5	Häufigkeit von Läsionen . . . . .	72
3.2.6	Zeitlicher Verlauf der klinischen Symptome . . . . .	72
<b>3.3</b>	<b>Signalintensitäten</b> . . . . .	73
3.3.1	Physiologisches Signalverhalten. . . . .	73
3.3.2	Pathologisches Signalverhalten . . . . .	74
<b>3.4</b>	<b>Auswahl geeigneter MRT-Sequenzen</b> . . . . .	75
3.4.1	T1-Wichtung . . . . .	77
3.4.2	T2-Wichtung . . . . .	77
3.4.3	Fluid Attenuated Inversion Recovery . . . . .	77
3.4.4	Gradientenecho-Sequenz T2-Stern (T2*) . . . . .	78
3.4.5	Short Tau Inversion Recovery . . . . .	78
3.4.6	Schichtorientierung . . . . .	78
<b>3.5</b>	<b>Untersuchungsprotokolle</b> . . . . .	79
<b>3.6</b>	<b>Kontrastmittelanreicherung</b> . . . . .	80
3.6.1	Kontrastanreicherung in Tumorgewebe . . . . .	80
3.6.2	Meningeale Kontrastmittelanreicherung. . . . .	81
3.6.3	Ringförmige Kontrastmittelanreicherung . . . . .	81
3.6.4	Vermeintlich pathologische Kontrastmittelanreicherung . . . . .	82
<b>3.7</b>	<b>Grenzen der bildgebenden Diagnostik</b> . . . . .	82
	Literatur . . . . .	82

## Teil 2

### Krankheitsbilder und MRT-Befunde

<b>4</b>	<b>Vaskuläre Erkrankungen des Zentralnervensystems</b> . . . . .	86
	<i>Martin J. Schmidt</i>	
<b>4.1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	86
<b>4.2</b>	<b>Zentralnervöse Blutungen</b> . . . . .	86
4.2.1	Primäre und sekundäre Hirnblutungen. . . . .	86
4.2.2	Primäre und sekundäre Rückenmarksblutungen . . . . .	92
4.2.3	MRT-Diagnose zentralnervöser Blutungen. . . . .	93
<b>4.3</b>	<b>Infarkte</b> . . . . .	95
4.3.1	Hämorrhagischer Infarkt . . . . .	95
4.3.2	Ischämischer Infarkt . . . . .	95
4.3.3	MRT-Diagnose von Infarkten . . . . .	102
	Literatur . . . . .	104
<b>5</b>	<b>Entzündliche Erkrankungen des Zentralnervensystems</b> . . . . .	107
	<i>Martin J. Schmidt, Marina Hoffmann, Andrea Tipold</i>	
<b>5.1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	107
<b>5.2</b>	<b>Entzündungsmuster in der MRT</b> . . . . .	107
<b>5.3</b>	<b>Erregerbedingte Entzündungen des Zentralnervensystems</b> . . . . .	108
5.3.1	Virale Erreger . . . . .	108
5.3.2	Prionen . . . . .	114
5.3.3	Bakterielle Erreger. . . . .	115
5.3.4	Parasiten (Protozoa und Nematodenlarven). . . . .	122
5.3.5	Pilzinfektionen. . . . .	128
5.3.6	Algen . . . . .	130

<b>5.4</b>	<b>Idiopathische Entzündungen</b> . . . . .	130
5.4.1	Granulomatöse Meningoenzephalitis. . . . .	130
5.4.2	Nekrotisierende Enzephalitiden . . . . .	134
5.4.3	Steroid-responsive Meningitis-Arteritis. . . . .	136
5.4.4	Eosinophile Meningoenzephalitis . . . . .	137
5.4.5	Meningoenzephalitis der Greyhounds . . . . .	137
5.4.6	Idiopathische hypertrophe Pachymeningitis. . . . .	138
5.4.7	Idiopathische Zerebellitis. . . . .	139
	Literatur . . . . .	139
<b>6</b>	<b>Traumatische Erkrankungen des Zentralnervensystems</b> . . . . .	143
	<i>Martin J. Schmidt</i>	
<b>6.1</b>	<b>Indikation zur Magnetresonanztomografie</b> . . . . .	143
<b>6.2</b>	<b>Schädel-Hirn-Trauma</b> . . . . .	143
6.2.1	Biomechanik des Schädel-Hirn-Traumas . . . . .	144
6.2.2	Kontaktverletzungen . . . . .	144
6.2.3	Beschleunigungsverletzungen. . . . .	145
6.2.4	Intrakranielle Drucksteigerung . . . . .	150
6.2.5	Bissverletzungen des Schädels . . . . .	152
6.2.6	Chronische Gewebsdefekte . . . . .	152
<b>6.3</b>	<b>Wirbelfrakturen</b> . . . . .	154
6.3.1	Morphologie der Fraktur . . . . .	154
6.3.2	Beurteilung der Stabilität einer Wirbelfraktur . . . . .	155
6.3.3	Traumatische atlanto-axiale Subluxationen . . . . .	157
6.3.4	Sakrokokzygeale Fraktur . . . . .	158
	Literatur . . . . .	160
<b>7</b>	<b>Angeborene Missbildungen des Nervensystems</b> . . . . .	162
	<i>Martin J. Schmidt</i>	
<b>7.1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	162
<b>7.2</b>	<b>Entwicklung und Störungen des Neuralrohrs (Neuralrohrdefekte, Dysraphien)</b> . . . . .	162
7.2.1	Neuralrohrdefekte im Kopfabschnitt des Neuralrohrs . . . . .	164
7.2.2	Neuralrohrdefekte im Rückenmarksabschnitt des Neuralrohrs . . . . .	167
7.2.3	Split-Cord-Syndrom . . . . .	170
7.2.4	Kaudales Regressionssyndrom . . . . .	170
<b>7.3</b>	<b>Defekte bei der Entstehung der Hemisphären</b> . . . . .	174
7.3.1	Holoprosenzephalie. . . . .	174
7.3.2	Kortikale Dysplasien (Migrationsstörungen). . . . .	175
<b>7.4</b>	<b>Kongenitaler Hydrocephalus internus</b> . . . . .	179
7.4.1	Vergrößerte Ventrikel versus Hydrozephalus – Anzeichen einer intraventrikulären Drucksteigerung . . . . .	179
<b>7.5</b>	<b>Enzephaloklastische Enzephalopathien</b> . . . . .	181
7.5.1	Porencephalie . . . . .	181
7.5.2	Hydranenzephalie. . . . .	182
7.5.3	Zystische Malformationen . . . . .	183
<b>7.6</b>	<b>Fehlbildungen des Kleinhirns</b> . . . . .	185
7.6.1	Dandy-Walker-Malformation . . . . .	185
7.6.2	Zerebelläre Hypoplasie . . . . .	186
7.6.3	Chiari-ähnliche Malformation . . . . .	187
<b>7.7</b>	<b>Knöcherne Malformationen mit Auswirkung auf das Nervensystem</b> . . . . .	190
7.7.1	Atlantookzipitales Overlap-Syndrom . . . . .	190
7.7.2	Dorsale Dens-Angulation. . . . .	191
7.7.3	Wirbelmissbildungen . . . . .	191
	Literatur . . . . .	194

<b>8</b>	<b>Metabolisch-toxische Enzephalopathien</b> . . . . .	197
	<i>Martin J. Schmidt, Ruth Dennis</i>	
<b>8.1</b>	<b>Allgemeine Wirkmechanismen von Neurotoxinen im Zentralnervensystem</b> . . . . .	197
8.1.1	MRT-Befunde bei metabolisch-toxischen Enzephalopathien . . . . .	197
<b>8.2</b>	<b>Funktionelle Toxikosen</b> . . . . .	197
8.2.1	Pyrethroide und Neonikotinoide . . . . .	197
8.2.2	Metaldehyd . . . . .	198
8.2.3	Antibiotika . . . . .	198
<b>8.3</b>	<b>Strukturelle Toxikosen</b> . . . . .	198
8.3.1	Schwermetalle . . . . .	198
8.3.2	Organophosphate . . . . .	199
8.3.3	Bromethalin . . . . .	199
8.3.4	Alkohole (Methanol und Ethylenglykol) . . . . .	199
8.3.5	Kohlenmonoxid (Rauchvergiftung) . . . . .	200
8.3.6	Metronidazol . . . . .	202
<b>8.4</b>	<b>Metabolische Enzephalopathien</b> . . . . .	202
8.4.1	Störungen des zerebralen Energiestoffwechsels . . . . .	202
8.4.2	Generalisierte Hypoxie . . . . .	203
8.4.3	Narkoseassoziierte Hypoxie . . . . .	204
8.4.4	Perinatale Hypoxie . . . . .	204
8.4.5	Hypoglykämie . . . . .	204
8.4.6	Zentrale pontine Myelinolyse (Natrium-Intoxikation) . . . . .	205
8.4.7	Hypovitaminose A . . . . .	206
8.4.8	Hypervitaminose A . . . . .	208
8.4.9	Hypovitaminose B <sub>1</sub> (Thiaminmangel) . . . . .	208
8.4.10	Hypovitaminose B <sub>12</sub> (Cobalaminmangel) . . . . .	210
8.4.11	Hepatoenzephalisches Syndrom . . . . .	210
	Literatur . . . . .	213
<b>9</b>	<b>Idiopathische Erkrankungen</b> . . . . .	217
	<i>Martin J. Schmidt, Akos Pakozdy</i>	
<b>9.1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	217
<b>9.2</b>	<b>Epileptische Hirnerkrankungen</b> . . . . .	217
9.2.1	Indikation zur Magnetresonanztomografie bei epileptischen Erkrankungen . . . . .	217
9.2.2	Klassifikation der Epilepsie . . . . .	217
9.2.3	Epilepsiesyndrom . . . . .	218
9.2.4	Postiktale Ödeme . . . . .	223
	Literatur . . . . .	225
<b>10</b>	<b>Neoplasien des Zentralnervensystems</b> . . . . .	228
	<i>Martin J. Schmidt, Manfred Henrich</i>	
<b>10.1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	228
10.1.1	Neuropathologische Grundlagen . . . . .	228
<b>10.2</b>	<b>Mesenchymale Tumoren</b> . . . . .	229
10.2.1	Meningeom . . . . .	229
10.2.2	Spinale Meningeome . . . . .	233
<b>10.3</b>	<b>Infiltrative hämatopoetische Tumoren</b> . . . . .	234
10.3.1	Lymphom des Zentralnervensystems . . . . .	234
10.3.2	Histiozytäres Sarkom . . . . .	239
<b>10.4</b>	<b>Neuroektodermale Tumoren</b> . . . . .	240
10.4.1	Gliome . . . . .	240
<b>10.5</b>	<b>Embryonale Tumoren</b> . . . . .	249
10.5.1	Primitive neuroektodermale Tumoren . . . . .	249
10.5.2	Medulloblastom . . . . .	250
10.5.3	Intraspinale Nephroblastome . . . . .	250

<b>10.6</b>	<b>Neuronale Tumoren</b> . . . . .	251
10.6.1	Ästhesioneuroblastome . . . . .	252
<b>10.7</b>	<b>Tumoren der Sella-Region.</b> . . . . .	253
10.7.1	Hypophysenadenom . . . . .	253
10.7.2	Kraniopharyngeom . . . . .	255
10.7.3	Supraselläres Germinom . . . . .	256
<b>10.8</b>	<b>Extraneurale Tumoren mit ZNS-Beteiligung</b> . . . . .	257
10.8.1	Primäre Knochentumoren . . . . .	257
10.8.2	Multilobuläres Osteosarkom . . . . .	259
10.8.3	Plasmozytom/multiples Myelom . . . . .	260
<b>10.9</b>	<b>Metastasen</b> . . . . .	261
	Literatur . . . . .	263
<b>11</b>	<b>Degenerative Erkrankungen des Zentralnervensystems</b> . . . . .	268
	<i>Martin J. Schmidt, Nele Ondreka</i>	
<b>11.1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	268
<b>11.2</b>	<b>Degenerative Erkrankungen der grauen Substanz</b> . . . . .	268
11.2.1	Zerebelläre kortikale Abiotrophie . . . . .	268
11.2.2	Spongiose Degeneration der grauen Substanz . . . . .	270
11.2.3	Mitochondriopathien . . . . .	272
11.2.4	Neuronale Zeroid-Lipofuszinose . . . . .	274
<b>11.3</b>	<b>Axonale Degenerationen</b> . . . . .	275
11.3.1	Neuroaxonale Dystrophie . . . . .	275
<b>11.4</b>	<b>Spinale axonale Degenerationen.</b> . . . . .	276
11.4.1	Rasseassoziierte Myelopathie . . . . .	276
11.4.2	Degenerative Myelopathie der großen Hunderassen. . . . .	276
11.4.3	Andere rasseassoziierte Myelopathien . . . . .	277
<b>11.5</b>	<b>Degenerative Erkrankungen der weißen Substanz.</b> . . . . .	277
11.5.1	Kongenitale Hypomyelinisierung/oligodendrogliale Dysfunktion. . . . .	277
11.5.2	Zerebrale Leukodystrophien . . . . .	278
11.5.3	Spinale Leukodystrophien . . . . .	281
<b>11.6</b>	<b>Degenerative Erkrankungen der Wirbelsäule mit sekundären neurologischen Störungen</b> . . . . .	282
11.6.1	Indikation für die Magnetresonanztomografie . . . . .	282
11.6.2	MRT-Protokoll für Untersuchungen der Wirbelsäule . . . . .	283
11.6.3	Bandscheibenerkrankungen . . . . .	286
11.6.4	Zervikale Spondylomyelopathie . . . . .	299
11.6.5	Degenerative lumbosakrale Stenose und Cauda-equina-Syndrom . . . . .	305
	Literatur . . . . .	310
	<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	319