

Inhaltsverzeichnis

I Grundlagen

1	Hirnstimulation – Historischer Überblick	3	3	Hirnstimulation – Physiologische Grundlagen	27
	<i>Christian W. Hess</i>			<i>Hartwig Roman Siebner, Ulf Ziemann</i>	
1.1	Historischer Überblick	4	3.1	Einführung	28
1.1.1	Entwicklung der motorischen Kortexreizung in Tierexperimenten	4	3.2	Allgemeine Betrachtungen	28
1.1.2	Erste elektrische Reizversuche am menschlichen Gehirn	5	3.2.1	Die periphere elektrische Neurostimulation	28
1.2	Der Beginn der Magnetstimulation nervöser Strukturen	7	3.2.2	Neuroanatomische Grundlagen	31
1.2.1	Frühe Versuche mit alternierenden Magnetfeldern	7	3.2.3	Ankopplung des elektrischen Feldes an die kortikale neuronale Aktivität	33
1.2.2	Magnetstimulatoren für Einzelreize	7	3.3	Transkranielle Stimulation des primären motorischen Kortex	35
1.3	Die Einführung der TMS in die klinische Neurologie	8	3.3.1	Transkranielle elektrische Stimulation des primären motorischen Handareals	37
1.3.1	Technische Entwicklung der Magnetstimulation	8	3.3.2	Transkranielle Magnetstimulation des primären motorischen Handareals	38
1.3.2	Klinische Entwicklung der Magnetstimulation zu diagnostischen Zwecken	9	3.3.3	Transkranielle Magnetstimulation des primären motorischen Beinareals	42
1.3.3	Hemmende Phänomene und Untersuchungen zur kortikalen Erregbarkeit	12	3.3.4	Kortikospinale Aktivierung der spinalen Motoneurone	42
1.4	Therapieversuche mit rTMS	13	Literatur	44	
1.5	Gleichstromreizung des Kortex	14	4	Sicherheitsaspekte und Anwendungsrichtlinien	47
Literatur	14		<i>Walter Paulus, Hartwig Roman Siebner</i>		
2	Hirnstimulation – Technische Grundlagen	17	4.1	Sicherheitsaspekte	48
	<i>Thomas Weyh, Hartwig Roman Siebner</i>		4.1.1	Epileptische Anfälle	48
2.1	Einführung	18	4.1.2	Akute sensorische Effekte	50
2.2	Magnetische und elektrische Felder	18	4.1.3	Akute kognitive Effekte	50
2.2.1	Grundlagen – das magnetische Feld	18	4.1.4	Unerwünschte Langzeitwirkungen	51
2.2.2	Zeitabhängige Magnetfelder – das elektrische Feld	18	4.2	Anwendungsrichtlinien	52
2.2.3	Optimale Pulsdauer bei der Magnetstimulation	19	4.2.1	TMS im Einzelreiz- oder Doppelreizmodus	52
2.3	Aufbau von Stimulationsgeräten	19	4.2.2	Repetitive TMS	52
2.3.1	Monophasische Magnetstimulatoren	20	4.3	Transkranielle Gleichstromstimulation	54
2.3.2	Biphasische Magnetstimulatoren	21	Literatur	55	
2.3.3	Repetitive Magnetstimulatoren	21			
2.3.4	Angabe der Reizstärke	21			
2.3.5	Geräte für Mehrfachpulse	21			
2.4	Stimulationsspulen	22			
2.4.1	Feld – Feldgradient	22			
2.4.2	Spulenfeld – Spulengeometrie	23			
2.4.3	Reizwirkung der Spulen – Tiefenreichweite	24			
2.4.4	Spulenverluste – Spulenerwärmung	24			
2.4.5	Akustisches Artefakt bei Spulen	25			
2.5	Sicherheitsaspekte der transkraniellen Magnetstimulation	25			
Literatur	26				

II Routinediagnostik: Kochrezepte

5	Motorisch evozierte Potenziale – Eine Einführung	59
	<i>Alain Kaelin-Lang</i>	
5.1	Einleitung	60
5.2	Allgemeine Vorgehensweise bei der Ableitung des MEP	60
5.2.1	Schritt 1: Anbringen der Oberflächenelektroden	60
5.2.2	Schritt 2: Technische Einstellungen am Ableitegerät	61
5.2.3	Schritt 3: Platzierung der Stimulationsspule über dem motorischen Kortex	63
5.2.4	Schritt 4: Wahl der Reizintensität	63
5.2.5	Schritt 5: Willkürliche Anspannung des Zielmuskels	64

VIII Inhaltsverzeichnis

5.2.6	Schritt 6: Aufzeichnung der MEP	65	8.2	Radikuläre und distale Stimulation des unteren Motoneurons	92
5.2.7	Schritt 7: Ausmessen des MEP und Berechnung des Amplitudenquotienten	66	8.2.1	F-Wellen-Methode	93
5.3	Spezialuntersuchungen.	67	8.2.2	Transkutane Magnetstimulation der lumbalen Nervenwurzeln	93
5.3.1	Entladungsverhalten einzelner motorischer Einheiten	67	8.2.3	Transkutane elektrische Stimulation der lumbalen Nervenwurzeln	93
5.3.2	Aufzeichnung der TMS induzierten Bewegung oder Muskelkraft	68	8.3	Ableittechnik	94
Literatur	. . . . .	68	8.4	Normwerte.	95
6	Bestimmung der zentralmotorischen Leitungszeit.	71	8.4.1	Distale periphere Stimulation mit der F-Wellen-Methode	95
	<i>Florian Müller, Ulf Ziemann</i>		8.4.2	Proximale Magnetstimulation der lumbalen Nervenwurzeln	96
6.1	Bestimmung der kortikomuskulären Leitungszeit	72	8.4.3	Proximale elektrische Stimulation der lumbalen Nervenwurzeln	96
6.1.1	Schritt 1: Auffinden des optimalen Reizortes über dem Motorkortex	72	8.5	Fallbeispiel	97
6.1.2	Schritt 2: Bestimmung der erforderlichen Reizstärke.	72	Literatur	. . . . .	97
6.1.3	Schritt 3: Vorinnervation des Zielmuskels	72	9	Motorisch evozierte Potenziale der kranialen Muskeln.	99
6.1.4	Schritt 4: Messwiederholungen und Auswertung	73		<i>Peter P. Urban</i>	
6.2	Bestimmung der peripheren motorischen Leitungszeit	73	9.1	Einführung	100
6.2.1	Messmethoden	73	9.2	Stimulation der Gesichtsmuskulatur (N. facialis)	100
6.2.2	Bewertung der Methoden	74	9.2.1	Indikationen und Möglichkeiten	100
6.2.3	Praktisches Vorgehen	75	9.2.2	Untersuchungstechnik	100
6.3	Berechnung der zentralmotorischen Leitungszeit	75	9.2.3	Zentrale Fazialisparese	102
6.4	Spezialuntersuchungen: fraktionierte Leitungszeitmessungen	76	9.2.4	Periphere Fazialisparese	102
6.5	Fallbeispiel	77	9.3	Fallbeispiele	103
Literatur	. . . . .	78	9.4	Stimulation der Zungenmuskulatur (N. hypoglossus)	104
7	Motorisch evozierte Potenziale der Arm- und Handmuskeln	79	9.5	Stimulation der Kaumuskulatur (N. trigeminus)	105
	<i>Helge Topka</i>		9.6	Stimulation der vom N. accessorius innervierten Halsmuskeln	106
7.1	Indikationen	80	Literatur	. . . . .	107
7.2	Durchführung der Untersuchung	80	10	Motorisch evozierte Potenziale der axialen und proximalen Muskeln	109
7.2.1	Vorbereitung	82		<i>Andreas Ferbert</i>	
7.2.2	Bestimmung der peripher-motorischen Leitungszeit	82	10.1	Einleitung	110
7.2.3	Transkranielle Stimulation des primären motorischen Handareals	85	10.2	Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen distalen, proximalen und axialen Muskeln	110
7.3	Probleme bei der Untersuchung	87	10.3	Ableitung von speziellen Muskeln	111
Literatur	. . . . .	88	10.3.1	M. deltoideus	111
8	Motorisch evozierte Potenziale der Bein- und Fußmuskeln.	89	10.3.2	M. erector spinae	111
	<i>Detlef Claus</i>		10.3.3	M. pectoralis und M. latissimus dorsi	113
8.1	Transkranielle Stimulation des primären motorischen Beinareals	90	10.3.4	Diaphragma	114
8.1.1	Auffinden des optimalen transkraniellen Reizortes	90	10.3.5	M. sphincter ani externus, M. sphincter urethrae und M. bulbocavernosus	114
8.1.2	Bestimmung der erforderlichen transkraniellen Reizstärke.	92	10.3.6	Quergestreifte Muskulatur des Pharynx und Ösophagus.	115
8.1.3	Vorinnervation des Zielmuskels	92	Literatur	. . . . .	115
			11	Triple-Stimulationstechnik	119
				<i>Kai M. Rösler</i>	
			11.1	Neurophysiologischer Hintergrund	120
			11.1.1	Desynchronisation der induzierten Motoneuronentladungen	120
			11.1.2	Mehrfachentladungen von Motoneuronen	120

11.1.3	Prinzip der Triple-Stimulationstechnik	121
11.2	Praktisches Vorgehen	123
11.2.1	Voraussetzungen und Grundsätzliches	123
11.2.2	Ableitung.	123
11.2.3	Periphere distale Stimulation	125
11.2.4	Proximale Nervenstimulation	125
11.2.5	Transkranielle Stimulation	126
11.2.6	Bestimmung der Reizintervalle	126
11.3	Messungen und Berechnungen.	126
11.4	Klinische Anwendung der Triple-Stimulationstechnik	126
11.5	Limitationen der TST.	128
11.6	Fallbeispiele	129
Literatur	. . . . .	131
12	Transkutane Magnetstimulation peripherer Nerven	133
	<i>Christian Bischoff</i>	
12.1	Magnetsimulation peripherer Nerven.	134
12.1.1	Grundlagen der peripheren Magnetsimulation	134
12.1.2	Vorteil der Magnetstimulation peripherer Nerven	134
12.1.3	Nachteile der Magnetstimulation peripherer Nerven	134
12.1.4	Hinweise zur technischen Durchführung.	135
12.2	Direkte Muskelstimulation	136
Literatur	. . . . .	136
13	Besonderheiten im Kindes- und Jugendalter	139
	<i>Florian Heinen, Verena Brodbeck</i>	
13.1	Altersspezifische Besonderheiten	140
13.1.1	Neuroanatomische und neurophysiologische Besonderheiten.	140
13.1.2	Konsequenzen für die MEP-Ableitung im Kindesalter.	141
13.2	Elektrophysiologische Kennwerte und praktisches Vorgehen	141
13.2.1	Bestimmung der zentralmotorischen Leitungszeit (ZML)	142
13.2.2	Bestimmung der kortikalen motorischen Reizschwelle	142
13.2.3	Organisationstyp der kortikospinalen Bahn bei Zerebralpareesen und kindlichem Schlaganfall .	143
13.3	Spezielle elektrophysiologische Kennwerte und praktisches Vorgehen	143
13.3.1	Interhemisphärische Hemmung	143
13.3.2	Intrakortikale Hemmung und Bahnung.	144
13.4	Klinische Fragestellungen	145
13.4.1	Fazialisparese	145
13.4.2	Multiple Sklerose	145
13.4.3	Rett-Syndrom	145
13.4.4	Lähmung im Rahmen einer somatoformen Störung.	145
13.4.5	Entwicklungsneurologie der kindlichen Motorik	145
13.4.6	Zerebralpareesen und kindlicher Schlaganfall .	146
Literatur	. . . . .	146

III Spezielle Diagnostik: Kochrezepte

14	Kortikale Reizschwelle	149
	<i>Friedemann Awiszus, Helmut Feistner</i>	
14.1	Vorbemerkung	150
14.2	Grundlagen kortikaler Reizschwellen	150
14.2.1	TMS-induzierte Ereignisse	151
14.2.2	Vom physiologischen zum mathematischen Problem.	151
14.3	Rezepte für die Schätzung kortikaler Reizschwellen	153
14.3.1	Nicht durchführbar, obsolet und ineffizient: Leitlinienrezepte	153
14.3.2	Durchführbar, aber ineffizient: Das Mills-Nithi-Verfahren.	154
14.3.3	Effizient, aber grob: Schwellenjagd mittels Bisektion	154
14.4	Interpretation kortikaler Erregbarkeits- schwellenschätzungen	155
14.4.1	Physikalische Einflussfaktoren.	155
14.4.2	Physiologische, pathologische und pharmakologische Einflussfaktoren	157
14.4.3	Schwellenschätzungen unterschiedlicher TMS-induzierter Ereignisse.	157
Literatur	. . . . .	158
15	Kortikale Innervationsstille	159
	<i>Michael Orth, Reiner Benecke</i>	
15.1	Definition und Physiologie.	160
15.2	Methoden und Protokolle	161
15.2.1	TMS-Versuchsprotokoll	161
15.2.2	Auswertung	162
15.2.3	Einflussgrößen	162
15.3	Fallbeispiele	163
Literatur	. . . . .	165
16	Kortikale Doppelpulsprotokolle	167
	<i>Mathias Wahl, Ulf Ziemann</i>	
16.1	Doppelpulsprotokolle, die zwei überschwellige Stimuli gleicher Intensität bei langen Interstimulusintervallen verwenden (10–250 ms)	168
16.1.1	Technische Voraussetzungen zur Bestimmung der LICl und LICF	168
16.1.2	Bestimmung der LICl und LICF	169
16.1.3	Physiologische Grundlagen	169
16.2	Doppelpulsprotokolle, die einen ersten unterschweligen und einen zweiten überschweligen Stimulus bei kurzen Inter- stimulusintervallen verwenden (1–20 ms)	170
16.2.1	Technische Voraussetzungen zur Bestimmung von SICl und ICF.	170
16.2.2	Bestimmung der SICl und ICF	170
16.2.3	Physiologische Grundlagen	172

16.3	Doppelpulsprotokolle, die einen ersten überschwelligen und einen zweiten unterschwelligen Stimulus bei sehr kurzen Interstimulusintervallen verwenden (0,5–5 ms)	173
16.3.1	Technische Voraussetzungen zur Bestimmung der SICF	174
16.3.2	Bestimmung der SICF	174
16.3.3	Physiologische Grundlagen	174
16.4	Fallbeispiel	175
Literatur	. . . . .	175
17	Afferente Konditionierung	177
	<i>Monika Pötter, Hartwig Roman Siebner</i>	
17.1	Einleitung	178
17.2	Afferente Konditionierung mittels peripherer elektrischer Stimulation.	178
17.2.1	Afferente sensomotorische Hemmung kurzer Latenz	178
17.2.2	Afferente sensomotorische Hemmung langer Latenz	183
17.2.3	Zentrale reziproke sensomotorische Hemmung	184
17.3	Sonstige afferente Konditionierungsparadigmen	185
17.3.1	Afferente Konditionierung durch nozizeptive Stimulation.	185
17.3.2	Afferente Konditionierung durch mechanische Stimulation.	185
17.3.3	Afferente Konditionierung durch akustische oder visuelle Reize	186
17.4	Fallbeispiel	187
17.5	Bewertung der Verfahren.	188
Literatur	. . . . .	188
18	Zerebrale Konnektivität	191
	<i>Tobias Bäumer, Alexander Münchau</i>	
18.1	Methodische Überlegungen.	192
18.2	Ipsilaterale Innervationsstille (engl. ipsilateral silent period, iSP)	192
18.2.1	Methodischer Ansatz und Durchführung.	192
18.2.2	Auswertung	193
18.2.3	Technischer Bedarf.	193
18.2.4	Kommentare.	193
18.3	Doppelpulsprotokolle.	194
18.3.1	Vorbemerkungen.	194
18.3.2	Interaktion von frontalen (prämotorischen) Arealen und ipsilateralem M1	195
18.3.3	Interhemisphärische Inhibition (IHI)	196
18.3.4	Interhemisphärische Fazilitierung	196
18.3.5	Inhibition nach Konditionierung über der hinteren Schädelgrube	198
18.4	Beispiele von rTMS-Konditionierungsprotokollen.	198
18.4.1	Methodische Ansätze und Durchführung	199
18.4.2	Fallbeispiel	200
Literatur	. . . . .	201

19	Stimulation des visuellen Kortex	203
	<i>Thomas Kammer</i>	
19.1	Überblick über die Phänomene.	204
19.1.1	Phosphene	204
19.1.2	Visuelle Maskierung	204
19.2	Protokolle	204
19.2.1	Phosphene	204
19.2.2	Visuelle Maskierung	206
19.3	Physiologische Grundlagen	208
19.4	Fallbeispiel	208
Literatur	. . . . .	208

20	Transkranielle elektrische Stimulation	211
	<i>Stephan Brandt, Jan Brocke, Kerstin Irlbacher</i>	
20.1	Physiologische Grundlagen der TES	212
20.2	Durchführung	212
20.2.1	Polarität	212
20.2.2	Ausrichtung	212
20.2.3	Reizstärke und Reizdauer.	214
20.3	Anwendungsgebiete von TES	215
20.4	Sicherheitsaspekte	215
20.4.1	Tierexperimentelle Grundlagen.	215
20.4.2	Nebenwirkungen und Kontraindikationen.	216
Literatur	. . . . .	216

21	Intraoperatives Monitoring/ Intensivmedizin	219
	<i>Andrea Szélenyi</i>	
21.1	Intraoperatives Monitoring	220
21.1.1	Zielsetzung.	220
21.1.2	Physiologische Grundlagen	220
21.2	Evozierung motorischer Potenziale und Anästhesie	220
21.2.1	Interaktion mit Anästhetika	220
21.3	Praktische Durchführung	221
21.3.1	Indikation zum intraoperativen MEP-Monitoring	221
21.3.2	Nebenwirkungen und Patientensicherheit.	221
21.3.1	Monitoring muskulärer MEP	221
21.3.2	Kranielle Eingriffe: Muskuläre MEP	222
21.3.3	Spinale Eingriffe: Kombination muskulärer und spinaler MEP	223
21.4	Fallbeispiel	224
21.5	MEP in der Intensivmedizin	225
Literatur	. . . . .	225

IV Spezielle Diagnostik: Wichtige Krankheitsbilder

22	Multiple Sklerose	229
	<i>Patrick Jung, Ulf Ziemann</i>	
22.1	Pathophysiologische Grundlagen	230
22.2	Diagnostische Wertigkeit von TMS-Messwerten	231
22.2.1	Sensitivität	231
22.2.2	Spezifität	232
22.2.3	Detektion subklinischer Läsionen	232
22.2.4	Prognostischer Wert	233

22.2.5	Surrogatmarker klinischer Krankheits- progression und therapeutischer Effekte	233	25	Myelopathien	255
22.3	Fallbeispiel	234		<i>Sven Schippling</i>	
Literatur	. . . . .	235	25.1	Einführung	256
23	Motoneuronerkrankungen	237	25.2	MEP-Kennwerte bei Myelopathien	256
	<i>Klaus Krampfl, Reinhard Dengler</i>		25.2.1	Peripher- und zentralmotorische Leitungszeit	256
23.1	Pathophysiologische Grundlagen	238	25.2.2	MEP-Amplitude	256
23.1.1	Degeneration des 1. Motoneurons	238	25.3	Myelopathien	257
23.1.2	Degeneration des 2. Motoneurons	238	25.3.1	Kompressive zervikale Myelopathie	257
23.2	Wesentliche TMS-Messwerte bei der Untersuchung von Patienten mit Motoneuronerkrankungen	239	25.3.2	Andere Myelopathien	258
23.2.1	Zentralmotorische Leitungszeit (ZML)	239	25.4	Praktisches Vorgehen und therapeutische Konsequenzen	258
23.2.2	Kortikale Reizschwelle	239	25.5	Fallbeispiel	259
23.2.3	MEP-Amplitude	239	Literatur	. . . . .	260
23.2.4	MEP/M-Wellen-Quotient	239	26	Epilepsien	261
23.2.5	Triple-Stimulationstechnik	240		<i>Janine Reis, Hajo M. Hamer, Felix Rosenow</i>	
23.2.6	Kortikale Innervationsstille	241	26.1	Pathophysiologie der Epilepsien	262
23.2.7	Intrakortikale Hemmung bei kurzen Interstimulus-Intervallen	242	26.2	Durch TMS bestimmbare Kennwerte kortikaler Erregbarkeit in der Epileptologie	262
23.2.8	Intrakortikale Bahnung	242	26.3	TMS-Kennwerte kortikaler Erregbarkeit bei generalisierten Epilepsien	262
23.2.9	Elektromyographische Ableitungen von einzelnen motorischen Einheiten	242	26.3.1	Motorische Reizschwellen	262
23.2.10	Ipsilaterale MEP	242	26.3.2	MEP-Amplitude	263
23.3	Korrelation pathologischer TMS-Befunde zum klinischen Verlauf von Motoneuron- erkrankungen	242	26.3.3	MEP bei konditionierender afferenter Stimulation peripherer Nerven	263
23.4	Spezifische TMS Befunde bei genetischen definierten Varianten der ALS	243	26.3.4	Interhemisphärische Inhibition	263
23.5	TMS-Messwerte unter Therapie	243	26.3.5	Kortikale Innervationsstille	263
23.6	Fallbeispiel	244	26.3.6	Intrakortikale Hemmung bei kurzen Interstimulusintervallen und intrakortikale Bahnung	265
Literatur	. . . . .	244	26.3.7	Intrakortikale Bahnung und Hemmung bei langen Interstimulusintervallen	265
24	Schlaganfall	247	26.4	TMS Kennwerte kortikaler Erregbarkeit bei fokalen Epilepsien	266
	<i>Joachim Liepert</i>		26.4.1	Motorische Reizschwellen	266
24.1	Prognose-Abschätzung	248	26.4.2	MEP-Amplitude	266
24.1.1	Einzelreiz-Stimulation der ipsiläsionellen Hemisphäre	248	26.4.3	MEP bei konditionierender afferenter Stimulation peripherer Nerven	267
24.1.2	Einzelreiz-Stimulation der kontraläsionellen Hemisphäre	248	26.4.4	Interhemisphärische Inhibition	267
24.1.3	Doppelreiz-Protokolle: Intrakortikale Hemmung bei kurzen Interstimulusintervallen	249	26.4.5	Kortikale Innervationsstille	267
24.2	Untersuchungen zur Pathophysiologie mittels TMS	249	26.4.6	Intrakortikale Hemmung bei kurzen Interstimulusintervallen und intrakortikale Bahnung	268
24.2.1	Intrakortikale Hemmung bei kurzen Interstimulusintervallen	249	26.4.7	Intrakortikale Bahnung und Hemmung bei langen Interstimulusintervallen	269
24.2.2	Kortikale Innervationsstille	250	26.5	Einflussfaktoren und praktische Hinweise	269
24.2.3	MEP-Intensitätskurven	250	26.6	Sicherheitsaspekte bei Epilepsiepatienten	269
24.2.4	MEP-Mapping	250	26.7	Fallbeispiel	270
24.2.5	Interhemisphärische Hemmung	251	Literatur	. . . . .	271
24.2.6	Virtuelle Läsionen	252	27	Bewegungsstörungen	273
24.3	Therapieinduzierte Änderungen der Erregbarkeit des motorischen Kortex	252		<i>Alexander Wolters</i>	
24.3.1	MEP-Mapping	252	27.1	Pathophysiologie	274
24.3.2	Intrakortikale Hemmung bei kurzen Interstimulusintervallen	252	27.2	Morbus Parkinson	274
24.4	Fallbeispiel	253	27.2.1	Erregbarkeit des motorischen Kortex	274
Literatur	. . . . .	254	27.2.2	Konnektivität des motorischen Kortex	275
			27.3	Parkinson-Syndrome	275
			27.3.1	Parkinson-Syndrom mit Parkin-Mutation	275

27.3.2	Atypische Parkinson-Syndrome	275
27.4	Dystonien	276
27.4.1	Erregbarkeit und Konnektivität des motorischen Kortex	276
27.4.2	Sensomotorische Integration	277
27.4.3	Stimulations-induzierte Plastizität	277
27.5	Hyperkinetische Syndrome	277
27.5.1	Huntington-Chorea	277
27.5.2	Essenzieller Tremor und Parkinson-Tremor	278
27.5.3	Gilles-de-la-Tourette-Syndrom	278
27.5.4	Myoklonus	278
27.6	Fallbeispiel	278
Literatur	. . . . .	279
28	Zerebelläre Erkrankungen	281
	<i>Karl Wessel</i>	
28.1	Einführung	282
28.2	Änderungen der zentralmotorischen Leitungszeit bei spinocerebellären Atrophien (SCA)	282
28.2.1	SCA 1 und Friedreich-Ataxie	282
28.2.2	SCA 2, 3, 6	282
28.3	Änderung der Erregbarkeit des motorischen Kortex	283
28.3.1	Kortikale Innervationsstille	283
28.3.2	Intrakortikale Hemmung bei kurzen Interstimulusintervallen und intrakortikale Bahnung	283
28.4	Zerebelläre Konditionierung eines Test-MEP über dem kontralateralen Motorkortex	285
Literatur	. . . . .	285
29	Migräne	287
	<i>Michael Siniatchkin, Thorsten Bartsch</i>	
29.1	Pathophysiologische Konzepte der Migräne	288
29.2	Erregbarkeit des visuellen Kortex bei Migräne	288
29.3	Erregbarkeit des motorischen Kortex bei Migräne	290
29.4	Ausblick	293
29.5	Fallbeispiel	293
Literatur	. . . . .	294
30	Psychiatrische Erkrankungen.	297
	<i>Malek Bajbouj</i>	
30.1	Depressionen	298
30.1.1	Neurobiologische Grundlagen	298
30.1.2	TMS-Befunde	298
30.2	Schizophrenien	299
30.2.1	Neurobiologische Grundlagen	299
30.2.2	TMS-Befunde	299
30.3	Demenz vom Alzheimer-Typ	300
30.3.1	Neurobiologische Grundlagen	300
30.3.2	TMS-Befunde	300
30.4	Zwangsstörungen	301
30.4.1	Neurobiologische Grundlagen	301
30.4.2	TMS-Befunde	301
30.5	Fallbeispiel	302
Literatur	. . . . .	303

V Charakterisierung von Hirnfunktionen – Methoden

31	Passagere Funktionsunterbrechung mit der transkraniellen Magnetstimulation	307
	<i>Boris Hagen Schlaak, Alvaro Pascual-Leone, Hartwig Roman Siebner</i>	
31.1	Einführung	308
31.2	Prinzip der Funktionsunterbrechung	308
31.3	Effektive Stimulation des Zielareals	310
31.4	Läsionsmodus : Einzelreizung versus Reizserie	311
31.5	Spezifität der TMS-induzierten Läsionseffekte	312
31.6	Prolongierte Läsionseffekte nach rTMS	313
31.7	Ausblick	314
Literatur	. . . . .	315
32	Neuronavigation der transkraniellen Magnetstimulation	317
	<i>Uwe Herwig, Carlos Schönfeldt-Lecuona</i>	
32.1	Positionierungsstrategien	318
32.1.1	Konventionelle Methoden	318
32.1.2	Bildgebungsgestützte Nicht-Echtzeit-Positionierung	318
32.1.3	Neuronavigation der Spule in Echtzeit	318
32.2	Stereotaktische Spulenpositionierung	319
32.2.1	Komponenten	319
32.2.2	Durchführung	320
32.2.3	Vorteile und Grenzen	321
Literatur	. . . . .	321
33	Kortikale Erregbarkeit und kortikokortikale Konnektivität.	323
	<i>Mathias Wahl, Günther Heide, Ulf Ziemann</i>	
33.1	Intrakortikale und kortikospinale Erregbarkeit	324
33.1.1	Allgemeines	324
33.1.2	Erregbarkeitsänderungen vor, während und nach einer Bewegung	324
33.1.3	Erregbarkeitsänderungen bei Beendigung und Unterdrückung einer Bewegung	325
33.1.4	Erregbarkeitsänderungen bei Vorstellung und Beobachtung einer Bewegung	326
33.1.5	Die ermüdende Kontraktion	326
33.2	Kortikokortikale Konnektivität	327
33.2.1	Allgemeines	327
33.2.2	Interhemisphärische Konnektivität zwischen den primären motorischen Handarealen	328
33.2.3	Interhemisphärische Konnektivität zwischen dem dorsalen prämotorischen und dem primär motorischem Kortex	330
33.3	Ausblick	331
Literatur	. . . . .	331

34	Neuropharmakologie	333	36.4.2	Fallbeispiele	361
	<i>Ulf Ziemann</i>		36.5	TMS und PET bei neuropsychiatrischen Erkrankungen	363
34.1	Einführung	334	36.6	Ausblick	364
34.2	Beeinflussung kortikaler Erregbarkeit durch Neuropharmaka mit bekanntem Wirkmechanismus	334	Literatur		365
34.2.1	Motorische Reizschwelle	334	37	Transkranielle Magnetstimulation und funktionelle Magnetresonanztomografie	367
34.2.2	Amplitude des motorisch evozierten Potenzials (MEP)	334		<i>Jürgen Baudewig, Sven Bestmann</i>	
34.2.3	Kontralaterale kortikale Innervationsstille	336	37.1	Einführung	368
34.2.4	Intrakortikale Hemmung bei kurzen Interstimulusintervallen	337	37.2	Funktionelle MRT im Anschluss an die rTMS.	368
34.2.5	Intrakortikale Bahnung	337	37.3	Funktionelle MRT während der TMS.	369
34.2.6	Intrakortikale Bahnung bei kurzen Interstimulusintervallen	337	37.3.1	Methodische Aspekte	369
34.2.7	Intrakortikale Hemmung bei langen Interstimulusintervallen	338	37.4	Anwendungsbeispiele für die TMS während der funktionellen MRT	371
34.2.8	Afferente sensomotorische Hemmung kurzer Latenz	338	37.4.1	Physiologische Auswirkungen von transkraniellen Einzelreizen oder kurzen Reizserien.	371
34.2.9	Zusammenfassung.	338	37.4.2	Darstellung intrakortikaler Konnektivität	371
34.2.10	Kortikale Erregbarkeitsänderungen als biologischer Marker neuropharmakologischer Effekte.	339	37.4.3	Klinische und neuropharmakologische Anwendungen	372
34.3	Charakterisierung des Wirkmechanismus von Neuropharmaka	339	37.5	Vergleich mit anderen bildgebenden Verfahren	373
34.4	Kortikale Erregbarkeitsänderungen unter chronischer Gabe eines Neuropharmakons	340	37.6	Ausblick	373
34.5	Neuropharmakologische Modulation kortikaler Plastizität	341	Literatur		374
34.5.1	Stimulationsinduzierte Plastizität.	341	38	Transkranielle Magnetstimulation und tiefe Hirnstimulation	377
34.5.2	Übungsabhängige Plastizität	342		<i>Andrea A. Kühn</i>	
Literatur		342	38.1	Einleitung	378
35	Transkranielle Magnetstimulation und Elektroenzephalografie	345	38.2	Sicherheitsaspekte zur TMS bei Patienten mit Hirnschrittmacher	378
	<i>Reto Huber</i>		38.3	Studien zur Kortex-Basalganglien-Interaktion.	379
35.1	Zeitlich getrennte Durchführung von TMS und EEG/MEG	346	38.3.1	Einfluss der kontinuierlichen Hochfrequenz- stimulation auf die motorkortikale Erregbarkeit	379
35.2	Simultane Durchführung des EEG während der TMS.	349	38.3.2	Kortikal und peripher induzierte Effekte der Einzelreizstimulation über die implantierten Stimulationselektroden.	381
35.3	Vor- und Nachteile des TMS-EEG-Ansatzes.	352	38.3.3	Effekte der transkraniellen Kortexstimulation auf die neuronale Aktivität in den Basalganglien	382
Literatur		352	Literatur		383
36	Kombination von transkranieller Magnetstimulation und Positronen- emissionstomografie	355	39	Tierexperimentelle Untersuchungen	385
	<i>Martin Peller, Hartwig Roman Siebner</i>			<i>Klaus Funke</i>	
36.1	Einführung	356	39.1	Einleitung	386
36.2	Methodische Aspekte	356	39.2	Einzelzellableitungen im visuellen Kortex der Katze	386
36.2.1	Zeitliche und räumliche Auflösung der PET	356	39.3	Verhaltensexperimente zur antidepressiven Wirkung der rTMS	388
36.2.2	Interaktion zwischen TMS und PET.	356	39.3.1	Fallbeispiel	389
36.2.3	Methoden zur Spulenpositionierung über dem kortikalen Zielareal.	357	39.4	Einfluss der rTMS auf Lernen und Gedächtnis	390
36.3	PET-Messungen während der TMS.	357	39.5	Neurotransmitterfreisetzung, Rezeptordynamik und Genexpression	390
36.3.1	Allgemeine Aspekte	357	39.5.1	Fallbeispiel	391
36.3.2	Fallbeispiele	359	39.6	Sicherheitsaspekte der rTMS – Neurodegeneration und Neuroprotektion	392
36.4	PET-Messungen im Anschluss an die TMS	360	Literatur		392
36.4.1	Allgemeine Aspekte	360			

VI Charakterisierung von Hirnfunktionen – Funktionelle Systeme

40	Handmotorik	397		
	<i>Michael Martin Weiss, Hartwig Roman Siebner</i>			
40.1	Aufgabenabhängige Modulation der kortikomotorischen Exzitabilität	398		
40.1.1	Bewegungsbeobachtung	398		
40.1.2	Bewegungsvorstellung	399		
40.1.3	Bewegungsauswahl und Bewegungsinitiierung	400		
40.1.4	Bewegungsausführung	400		
40.2	Kartierung kortikomotorischer Repräsentationen	400		
40.2.1	Praktische Durchführung	401		
40.2.2	Fallbeispiele	402		
40.3	Kontextabhängige Konnektivität	403		
40.4	Passagere Funktionsunterbrechung	404		
40.4.1	Bewegungsauswahl im dorsalen prämotorischen Kortex	404		
40.4.2	Greiffunktion und visuomotorische Integration im Parietallappen	406		
40.4.3	Funktionsunterbrechung im supplementären motorischen Areal	406		
40.5	Konditionierung mit der rTMS	407		
	Literatur	409		
41	Okulomotorik	411		
	<i>Thomas Nyffeler, René M. Müri</i>			
41.1	Einleitung	412		
41.2	Funktionsunterbrechung während einer Augenbewegungsaufgabe bei gesunden Probanden	413		
41.2.1	Kartierungsexperimente zur Lokalisation okulomotorischer Funktionen	413		
41.2.2	Chronometrie von relevanten Funktionen einer okulomotorischen Region	414		
41.2.3	Funktionsunterbrechung mit Doppelpulsen und kurzen Reizserien	415		
41.3	Konditionierende rTMS bei gesunden Probanden	415		
41.4	Interferenz während einer Augenbewegungsaufgabe bei Patienten	415		
41.5	Ausblick	417		
	Literatur	418		
42	Motorisches Lernen	421		
	<i>Susan Koeneke, Lutz Jäncke</i>			
42.1	Motorisches Lernen und TMS – eine Einführung	422		
42.2	Konditionierende Effekte einer rTMS auf motorische Lernprozesse	422		
42.2.1	Niederfrequente rTMS	423		
42.2.2	Hochfrequente rTMS	424		
42.3	Akute Funktionsunterbrechung während motorischer Lernaufgaben	424		
42.4	Charakterisierung trainingsinduzierter Veränderungen	425		
42.4.1	Einzelpuls-TMS: Lernbedingte Änderungen der kortikospinalen Erregbarkeit	425		
42.4.2	Doppelpuls-TMS: Lernbedingte Änderungen der intrakortikalen Erregbarkeit	426		
42.5	Motorische Rehabilitation nach Schlaganfall	426		
42.6	Ausblick	427		
	Literatur	427		
43	Sprache	429		
	<i>Caterina Breitenstein, Stefan Knecht</i>			
43.1	Neurowissenschaftliche Fragestellungen	430		
43.2	Funktionsfördernde Effekte der TMS	432		
43.2.1	Stimulation während oder kurz vor der Durchführung einer Sprachaufgabe	432		
43.2.2	Längeranhaltende Förderung von Spachfunktionen mit der rTMS	433		
43.3	Funktionshemmende TMS-Effekte	433		
43.3.1	Stimulation während oder kurz vor der Durchführung einer Sprachaufgabe	433		
43.3.2	Längeranhaltende Störung von Spachfunktionen mit der rTMS	435		
43.4	TMS zur Bestimmung der funktionellen Interaktion von Gehirnregionen	435		
43.5	Zusammenfassung und Ausblick	436		
	Literatur	437		
44	Somatosensorik	439		
	<i>Hubert R. Dinse, Patrick Ragert, Martin Tegenthoff</i>			
44.1	Einführung	440		
44.2	Spulenpositionierung	440		
44.3	Akute Störung der somatosensorischen Wahrnehmung	440		
44.3.1	Intramodale Reizverarbeitung	440		
44.3.2	Transmodale Reizverarbeitung	441		
44.4	Anhaltende Beeinflussung der somatosensorischen Wahrnehmung	441		
44.4.1	Frequenzabhängige Konditionierungseffekte der regelmäßigen rTMS	441		
44.4.2	Weitere transkranielle Konditionierungsprotokolle	444		
44.5	Transkranielle Modulation von sensorischen Lernprozessen	444		
44.6	Fazit und Ausblick	445		
	Literatur	446		
45	Visuelle Verarbeitung	449		
	<i>Til Ole Bergmann, Hartwig Roman Siebner</i>			
45.1	Einführung	450		
45.2	Mentale Chronometrie des primären visuellen Kortex	450		
45.3	Visuelle Verarbeitung in höheren visuellen Arealen	450		
45.3.1	Bewegungswahrnehmung	450		
45.3.2	Objekterkennung	451		
45.4	Funktionelle Interaktionen zwischen visuellen Arealen	452		

45.4.1 Wechselwirkungen zwischen Areal V1 und V5 452

45.4.2 Einfluss des frontalen Augenfelds auf
okzipitale visuelle Areale 453

45.5 Multimodale Wahrnehmung 454

45.6 Visuelle Vorstellung 454

45.7 Ausblick 455

Literatur 457

46 Aufmerksamkeit 459
Claus C. Hilgetag

46.1 Einführung 460

46.2 Einsatzmöglichkeiten der TMS zur Aufklärung
von Aufmerksamkeitsprozessen 460

46.2.1 Lokalisierung involvierter Hirnregionen 460

46.2.2 Funktionelle Spezialisierung einzelner
Hirnregionen 462

46.2.3 Funktionelle Lateralisierung von
Aufmerksamkeit 462

46.2.4 Chronometrie von Aufmerksamkeitsprozessen 463

46.2.5 Interaktionen zwischen Regionen des
Aufmerksamkeitsnetzwerks 464

46.3 Untersuchung von Aufmerksamkeitsprozessen
an gesunden Probanden 464

46.3.1 Akute Funktionsunterbrechung während
einer Aufmerksamkeitsaufgabe 464

46.3.2 Länger anhaltende Modulation von
Aufmerksamkeitsprozessen 465

46.4 Untersuchung von Aufmerksamkeitsleistungen
an Patienten 465

46.5 Ausblick 466

Literatur 466

47 Gedächtnis 469
Felix M. Mottaghy, Roland Sparing

47.1 Einführung 470

47.2 Sensorisches Ultrakurzzeitgedächtnis 470

47.3 Arbeitsgedächtnis 471

47.3.1 Verbales Arbeitsgedächtnis 471

47.3.2 Visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis 472

47.4 Langzeitgedächtnis 474

47.5 Untersuchung von Gedächtnisfunktionen
bei Patienten 474

47.6 Zusammenfassung und Ausblick 475

Literatur 475

**48 Transkranielle Magnetstimulation und
Schlaf 477**
Farid Salih, Pascal Grosse

48.1 Einleitung 478

48.2 Methodische Aspekte 480

48.3 Änderungen der kortikomotorischen
Erregbarkeit im Schlaf bei Gesunden 481

48.4 TMS bei schlafbezogenen zerebralen
Erkrankungen 483

48.5 Andere experimentelle Anwendungen 485

48.6 Ausblick 485

Literatur 486

Emotionen 487
Nicola Grobheinrich, Kristina Fast, Frank Padberg

49.1 Einführung 488

49.2 Wirkung der rTMS auf die normale Affektlage
bei Gesunden 489

49.2.1 Untersuchungen mit Selbstbeurteilungsskalen 489

49.2.2 Untersuchungen mit neurophysiologischen
Variablen 492

49.2.3 Neuropsychologische Untersuchungen mit
emotional-kognitiven Paradigmen 493

49.3 Wirkung der rTMS auf induzierte Emotionen
bei gesunden Probanden 494

49.4 Methodische Beschränkungen 494

49.5 Diskussion und Ausblick 494

Literatur 495

**VII Induktion von Plastizität –
Methoden**

**50 Repetitive transkranielle Magnet-
stimulation 499**
Nicolas Lang, Hartwig Roman Siebner

50.1 Einführung 500

50.2 Effekte der rTMS auf die kortikale Erregbarkeit
im motorischen System 501

50.2.1 Bahnung und Hemmung der kortikalen
Erregbarkeit 501

50.2.2 Einfluss von Pulsconfiguration und
Gerätetechnik 503

50.2.3 Effekte auf die kortikale Erregbarkeit in
entfernten Hirnregionen 503

50.3 Konditionierende Effekte der rTMS auf
Systemebene 503

50.4 Neue Stimulationsprotokolle 504

50.4.1 Repetitive Doppelpulsstimulation 504

50.4.2 Salvenartige rTMS 505

50.4.3 Paarig-assoziative rTMS 507

50.5 Einfluss neurobiologischer Faktoren 508

50.6 Ausblick 509

Literatur 509

51 Gepaarte assoziative Stimulation 513
Ulf Ziemann

51.1 Einführung 514

51.2 Gepaarte assoziative Stimulation –
Induktion LTP-ähnlicher Plastizität 514

51.2.1 Reizprotokoll 514

51.2.2 Physiologische Eigenschaften von
PAS-induzierter LTP-ähnlicher Plastizität 515

51.2.3 Funktionelle Relevanz PAS-induzierter LTP-ähnlicher
Plastizität 517

51.2.4 Klinische Relevanz PAS-induzierter
LTP-ähnlicher Plastizität 518

51.3 Gepaarte assoziative Stimulation –
Induktion LTD-ähnlicher Plastizität 519

51.3.1 Reizprotokoll 519

51.3.2 Physiologische Eigenschaften PAS-induzierter LTD-ähnlicher Plastizität 519

51.3.3 Funktionelle Relevanz PAS-induzierter LTD-ähnlicher Plastizität 520

51.3.4 Klinische Relevanz PAS-induzierter LTD-ähnlicher Plastizität 520

51.4 Ausblick 521

Literatur 521

52 Übungsbabhängiges motorisches Lernen . 523
Cathrin Bütefisch

52.1 Einleitung 524

52.2 Charakterisierung motorischer Lernvorgänge mit der TMS 524

52.2.1 Einfluss motorischen Lernens auf die transkranieLL ausgelöste Bewegung 524

52.2.2 Einfluss motorischen Lernens auf die kortikomotorische Erregbarkeit. 526

52.2.3 Einfluss motorischen Lernens auf die intrakortikale Doppelpulserregbarkeit 526

52.3 Neuropharmakologische Beeinflussung des motorischen Lernens 527

52.4 Ausblick 529

Literatur 530

53 TranskranieLL Gleichstromstimulation . . 533
Michael A. Nitsche, Walter Paulus

53.1 Technische Grundlagen 534

53.2 Praktische Durchführung 536

53.3 Neurobiologischer Wirkungsmechanismus . . . 537

53.4 Auswirkungen auf motorische und visuelle Hirnfunktionen 539

53.5 Klinische Effekte 540

53.6 Ausblick 540

Literatur 541

54 Metaplastizität 543
Ulf Ziemann, Hartwig Roman Siebner

54.1 Einführung 544

54.2 Modulation von Plastizität durch Disinhibition

54.2.1 Modulation stimulationsinduzierter Plastizität durch Disinhibition. 545

54.2.2 Modulation übungsabhängiger Plastizität durch Disinhibition. 546

54.3 Modulation von Plastizität durch neuromodulierende Medikamente 546

54.3.1 Modulation stimulationsinduzierter Plastizität durch neuromodulierende Medikamente 546

54.3.2 Modulation übungsabhängiger Plastizität durch neuromodulierende Medikamente 547

54.4 Homöostatische Metaplastizität 547

54.4.1 Homöostatische Metaplastizität stimulationsinduzierter Plastizität 547

54.4.2 Homöostatische Metaplastizität zwischen stimulationsinduzierter Plastizität und nachfolgender übungsabhängiger Plastizität . . 549

54.4.3 Homöostatische Plastizität zwischen übungsabhängiger Plastizität und nachfolgender stimulationsinduzierter Plastizität 549

54.5 Ausblick 549

Literatur 550

VIII Modulation von Hirnfunktionen – Therapeutische Ansätze

55 TranskranieLL Kortexstimulation 555
Ahmed A. Karim, Niels Birbaumer, Hartwig Roman Siebner

55.1 Einleitung 556

55.2 Messung der kortikalen Erregbarkeit mit der TMS 556

55.3 Neuromodulatorische Effekte der transkranieLL Kortexstimulation 556

55.3.1 Lokale Effekte auf den stimulierten Kortex. . . . 556

55.3.2 Netzwerkeffekte im stimulierten neuronalen System 557

55.4 Konzepte zur therapeutischen Wirkung der transkranieLL Kortexstimulation 559

55.4.1 Normalisierung des regionalen Erregbarkeits- oder Aktivitätsniveaus. 559

55.4.2 Neuromodulation funktionell intakter Hirnareale 560

55.5 Methodische Aspekte der therapeutischen transkranieLL Neurostimulation 561

55.5.1 Placebostimulation 561

55.5.2 Bestimmung der optimalen Stimulationsvariablen 561

55.5.3 Bedeutung des Funktionszustandes des Kortex 562

55.6 Strategien zur Optimierung der therapeutischen Effizienz. 563

55.6.1 Optimierung der Kortexstimulation 563

55.6.2 Manipulation der kortikalen Aktivität während der Kortexstimulation 563

55.7 Schlussfolgerung und Ausblick 564

Literatur 565

56 Schlaganfall. 567
Agnes Flöel, Friedhelm Hummel, Christian Gerloff

56.1 TMS und kortikale Erregbarkeit 568

56.2 Therapiestudien 569

56.2.1 Motorisches System 569

56.2.2 Aphasie 572

56.2.3 Neglekt und Extinktion 573

56.2.4 Depression nach Schlaganfall 574

56.3 Zusammenfassung. 574

56.4 Ausblick/offene Fragen 574

Literatur 575

57	Epilepsie	577	61.5.5	Vergleich mit der Elektrokonvulsionstherapie (EKT)	615
	<i>Frithjof Tergau, Konrad J. Werhahn</i>		61.6	Magnetkonvulsionstherapie (MKT)	617
57.1	rTMS bei Epilepsie	578	61.7	Sicherheit der rTMS	618
57.1.1	Allgemeine Vorbemerkungen	578	61.8	Ausblick.	618
57.1.2	Pathophysiologische Konzepte	578	Literatur		618
57.1.3	Therapeutische rTMS-Studien bei Epilepsien	578			
57.1.4	Ausblick.	581	62	Andere psychiatrische Erkrankungen	621
Literatur		582		<i>Peter Eichhammer, Göran Hajak</i>	
58	Bewegungsstörungen	583	62.1	Schizophrenie	622
	<i>Martin Sommer, Hartwig Roman Siebner</i>		62.1.1	Klinik und Pathophysiologie	622
58.1	Einleitung	584	62.1.2	rTMS bei Schizophrenie – Positivsymptomatik	622
58.2	Morbus Parkinson	584	62.1.3	rTMS bei Schizophrenie – Negativsymptomatik	625
58.2.1	Pathophysiologischer Hintergrund	584	62.2	Angststörungen – Panikstörung	625
58.2.2	Klinische Effekte einer einmaligen rTMS-Anwendung	585	62.2.1	Klinik und Pathophysiologie	625
58.2.3	Kumulative Effekte wiederholter rTMS-Anwendungen	587	62.2.2	rTMS bei Panikstörung	625
58.3	Andere Bewegungsstörungen	588	62.3	Posttraumatische Belastungsstörung (PTSD)	626
58.4	Offene Fragen	589	62.3.1	Klinik und Pathophysiologie	626
58.5	Ausblick.	590	62.3.2	rTMS bei posttraumatischer Belastungsstörung	626
Literatur		590	62.4	Zwangsstörung	627
			62.4.1	Klinik und Pathophysiologie	627
59	Tinnitus	593	62.4.2	rTMS bei Zwangsstörung	628
	<i>Christian Plewnia, Christian Gerloff</i>		62.5	Craving	629
59.1	Pathophysiologische Grundlagen	594	62.5.1	Klinik und Pathophysiologie	629
59.2	Funktionelle Topografie	594	62.5.2	rTMS bei Craving	629
59.3	Experimentelle Therapie	595	Literatur		629
59.4	Ausblick.	597	Farbtafeln		631
Literatur		597	Sachverzeichnis		637
60	Schmerz	599			
	<i>Peter Schwenkreis, Burkhard Pleger, Martin Tegenthoff</i>				
60.1	Pathophysiologisches Konzept	600			
60.2	TMS und experimenteller Schmerz	601			
60.3	TMS und chronischer Schmerz	601			
60.4	Ausblick.	605			
Literatur		606			
61	Depressive Erkrankungen	609			
	<i>Frank Padberg, Nicola Großheinrich, Thomas E. Schlöpfer</i>				
61.1	Einführung	610			
61.2	Grundlagen der funktionellen Neuroanatomie	610			
61.3	Wirkung auf dopaminerge und serotonerge Systeme	611			
61.4	Antidepressive Wirksamkeit der rTMS	612			
61.5	Spezifische Anwendungen bei depressiven Erkrankungen	612			
61.5.1	Kombinationsbehandlung mit rTMS in der Primärtherapie	612			
61.5.2	rTMS bei therapieresistenten Depressionen	614			
61.5.3	rTMS bei bipolaren Erkrankungen	615			
61.5.4	rTMS bei anderen depressiven Syndromen	615			



<http://www.springer.com/978-3-540-71904-5>

Das TMS-Buch

Handbuch der transkraniellen Magnetstimulation

Siebner, H.R.; Ziemann, U. (Hrsg.)

2007, XXVI, 652 S., Softcover

ISBN: 978-3-540-71904-5