

# Atlas der MR-Angiographie

Henrik J. Michaely Peter Reimer Stefan O. Schönberg  
(Herausgeber)

# Atlas der MR-Angiographie

Techniken und klinische Anwendung

Mit 1267 Abbildungen

**Prof. Dr. med. Henrik J. Michaely**

Diagnostische Gemeinschaftspraxis Karlstraße  
Karlsruhe

**Prof. Dr. med. Peter Reimer**

Zentralinstitut für Bildgebende Diagnostik  
Karlsruhe

**Prof. Dr. med. Stefan O. Schönberg**

Institut für Klinische Radiologie und Nuklearmedizin, Universitätsmedizin Mannheim  
Mannheim

ISBN-978-3-642-10527-2

ISBN 978-3-642-10528-9 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-642-10528-9

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

#### **Springer Medizin**

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

**Produkthaftung:** Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Planung: Daniel Quinones, Heidelberg

Projektmanagement: Christiane Beisel, Heidelberg

Lektorat: Dr. Susanne Meinrenken, Bremen

Projektkoordination: Barbara Karg, Heidelberg

Fotonachweis Umschlag: Dr. med. Karsten Papke, Lingen

Zeichnungen: © Ingrid Schobel, München

Satz und Reproduktion der Abbildungen: Fotosatz-Service Köhler GmbH – Reinhold Schöberl, Würzburg

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Medizin ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media  
[www.springer.com](http://www.springer.com)

## Vorwort

---

Die MR-Angiografie hat sich in den letzten zehn Jahren einen festen Stellenwert in der nichtinvasiven angiografischen Bildgebung fast aller Gefäßterritorien erworben. Mit der zunehmenden Verbreitung über die verschiedenen Gefäßterritorien vom Kopf- bis zu den Extremitätengefäßen sowie durch die unterschiedlichen Anwendungsgebiete und die kontinuierliche technische Fortentwicklung der Magnetresonanztomografie hat auch die Komplexität der MR-Angiografie stetig zugenommen.

Genau an diesem Punkt setzt das vorliegende Buch an. In systematischer Weise werden die unterschiedlichen Anwendungsgebiete der MR-Angiografie in strukturierter Weise dargestellt. Getreu dem alten chinesischen Sprichwort »Sag es mir, und ich werde es vergessen, zeig es mir, und ich werde mich daran erinnern« weist das vorliegende Buch eine bildbasierte Architektur auf. Dabei wird zunächst die notwendige MR-Physik und MR-Technik zielgerichtet für klinisch tätige Ärzte und MTRA dargestellt, um dann die relevanten Erkrankungen bildhaft darzustellen und zu erläutern. Dem Leser werden alle vaskulären Erkrankungen von der Atherosklerose bis hin zu Vaskulitiden mit ihren typischen Erscheinungsformen in ihren wesentlichen Punkten präsentiert.

Die klare Gliederung und der strukturierte Kaptelaufbau des vorliegenden Buchs erlauben eine Verwendung sowohl für weniger erfahrene Anwender, die sich MRA-spezifisches Wissen aneignen wollen, als auch für erfahrene Radiologen oder MTRA, die gezielt ein Thema nachschlagen wollen.

Ohne die Unterstützung durch zahlreiche Experten, die uns mit ihrer Expertise bei der Erstellung der einzelnen Kapitel unterstützt haben, wäre dieses Buch nicht realisierbar gewesen. Dafür und für die aufwendige Gestaltung der einzelnen Kapitel möchten wir uns bei den einzelnen Kapitelherausgebern herzlich bedanken.

In diesem Sinne wünschen wir Ihnen viel Freude mit diesem Buch.

Die Herausgeber  
**Prof. Dr. Michaely**  
**Prof. Dr. Reimer**  
**Prof. Dr. Schönberg**

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Technik</b> . . . . .	<b>1</b>
	<i>O. Dietrich</i>	
<b>1.1</b>	<b>Magnetresonanztomographie</b> . . . . .	<b>2</b>
1.1.1	Physikalische Grundlagen . . . . .	2
1.1.2	Rohdaten im k-Raum . . . . .	5
1.1.3	Pulssequenzen . . . . .	10
1.1.4	Techniken für die schnelle Bildgebung . . . . .	13
1.1.5	Signal-Rausch-Verhältnis, Signal-Rausch-Messungen . . . . .	18
<b>1.2</b>	<b>Magnetresonanzangiographie-(MRA-)Techniken.</b> . . . . .	<b>20</b>
1.2.1	Time-of-flight-Angiographie . . . . .	20
1.2.2	Phasenkontrastangiographie . . . . .	21
1.2.3	Kontrastverstärkte Angiographie. . . . .	23
1.2.4	Native EKG-getriggerte Angiographie . . . . .	24
1.2.5	Sonstige Angiographie-Techniken. . . . .	24
	<b>Literatur.</b> . . . . .	<b>25</b>
<b>2</b>	<b>Kontrastmittel</b> . . . . .	<b>27</b>
	<i>H. J. Michaely</i>	
<b>2.1</b>	<b>Warum werden Kontrastmittel in der MR-Angiographie verwendet?</b> . . . . .	<b>28</b>
<b>2.2</b>	<b>Verkürzung der T1-Zeit.</b> . . . . .	<b>28</b>
<b>2.3</b>	<b>Relaxation und Konzentration</b> . . . . .	<b>29</b>
<b>2.4</b>	<b>Abhängigkeit von der Feldstärke</b> . . . . .	<b>29</b>
<b>2.5</b>	<b>Klassifikationen.</b> . . . . .	<b>30</b>
2.5.1	Spezifische und nichtspezifische Kontrastmittel . . . . .	30
<b>2.6</b>	<b>Indikation und Off-Label-Use.</b> . . . . .	<b>30</b>
<b>2.7</b>	<b>Nebenwirkungen.</b> . . . . .	<b>31</b>
2.7.1	Nephrogene, systemische Fibrose . . . . .	31
2.7.2	NSF-Richtlinien. . . . .	31
2.7.3	NSF-Vorbeugung . . . . .	32
2.7.4	Andere Nebenwirkungen . . . . .	32
<b>2.8</b>	<b>Kontrastmittel und Schwangerschaft/Stillzeit.</b> . . . . .	<b>33</b>
<b>2.9</b>	<b>Applikationsformen.</b> . . . . .	<b>33</b>
<b>2.10</b>	<b>Dosierung</b> . . . . .	<b>33</b>
<b>2.11</b>	<b>Bolusgeometrie.</b> . . . . .	<b>33</b>
<b>2.12</b>	<b>Boluslänge und k-Raum</b> . . . . .	<b>34</b>
<b>2.13</b>	<b>Flussparameter</b> . . . . .	<b>34</b>
<b>2.14</b>	<b>T2*-Effekte.</b> . . . . .	<b>34</b>
<b>2.15</b>	<b>Intravasale Kontrastmittel.</b> . . . . .	<b>35</b>
	<b>Literatur.</b> . . . . .	<b>35</b>
<b>3</b>	<b>MR-Angiographie der supraaortalen Gefäße.</b> . . . . .	<b>37</b>
	<i>K. Papke</i>	
<b>3.1</b>	<b>Relevante anatomische Grundlagen</b> . . . . .	<b>38</b>
3.1.1	Supraaortale Arterien. . . . .	38
<b>3.2</b>	<b>Untersuchungstechnik</b> . . . . .	<b>41</b>
3.2.1	Anforderungen an die Bildgebung . . . . .	41
3.2.2	Untersuchungsablauf. . . . .	44
<b>3.3</b>	<b>Krankheitsbilder</b> . . . . .	<b>46</b>
3.3.1	Arteriosklerose der supraaortalen Arterien . . . . .	46
3.3.2	Dissektionen der Halsgefäße . . . . .	51
3.3.3	Entzündliche Gefäßerkrankungen (Vaskulitiden). . . . .	52
3.3.4	Gefäßfehlbildungen. . . . .	53
3.3.5	Gefäßreiche Tumoren. . . . .	55

3.3.6	Posttherapeutische Zustände . . . . .	56
3.3.7	Relevante Veränderungen intrakranieller Gefäße . . . . .	58
<b>4</b>	<b>Pulmonalgefäße</b> . . . . .	<b>61</b>
	<i>P. Apfaltrer, T. Henzler</i>	
4.1	<b>Anatomische Grundlagen</b> . . . . .	62
4.2	<b>Bildgebung: Grundlagen</b> . . . . .	62
4.3	<b>Untersuchungstechnik</b> . . . . .	64
4.3.1	Sequenzparameter . . . . .	64
4.3.2	Kontrastmittel . . . . .	65
4.4	<b>Klinische Anwendungen</b> . . . . .	66
4.4.1	Lungenembolie (KM-verstärkte MRA) . . . . .	66
4.4.2	Lungenembolie: zeitaufgelöste MRA . . . . .	67
4.4.3	Pulmonale Hypertonie: Differenzierung IPAH und CTEPH . . . . .	68
4.4.4	Pulmonale Hypertonie: CTEPH . . . . .	68
4.4.5	Pulmonalvenen . . . . .	69
4.4.6	Arteriovenöse Malformationen . . . . .	70
4.4.7	Lungensequestration . . . . .	70
	<b>Literatur</b> . . . . .	71
<b>5</b>	<b>Herz</b> . . . . .	<b>73</b>
	<i>G. Krombach</i>	
5.1	<b>Anatomie</b> . . . . .	76
5.1.1	Herzhöhlen . . . . .	76
5.1.2	Herzhöhlen, Wanddicke . . . . .	76
5.1.3	Herzhöhlen: basal, mittventrikulär, apikal . . . . .	77
5.1.4	Segmenteinteilung . . . . .	77
5.1.5	Koronararterien . . . . .	78
5.1.6	Herzvenen . . . . .	79
5.1.7	Herzklappen, Flussmessungen, Klappenöffnungsfläche . . . . .	80
5.1.8	Christa terminalis . . . . .	80
5.2	<b>Untersuchungstechnik – Protokolle</b> . . . . .	81
5.2.1	Protokoll: Herzfunktion . . . . .	82
5.2.2	Schichtorientierung . . . . .	83
5.2.3	Kurze Achse . . . . .	83
5.2.4	Lange Achsen, Zweikammerblick . . . . .	84
5.2.5	Dreikammerblick . . . . .	84
5.2.6	Vierkammerblick . . . . .	85
5.2.7	Regionale Herzfunktion . . . . .	85
5.2.8	Globale Herzfunktion . . . . .	86
5.3	<b>Kaskade der Ischämie</b> . . . . .	87
5.3.1	Pathophysiologie . . . . .	87
5.3.2	Reduktion des Funktionsstoffwechsels . . . . .	87
5.3.3	Reduktion des Erhaltungsstoffwechsels . . . . .	88
5.3.4	Chronischer Infarkt: Remodeling und Narbenbildung . . . . .	89
5.4	<b>Perfusion</b> . . . . .	89
5.4.1	Prinzip der Perfusionsmessung . . . . .	89
5.4.2	Sequenzen . . . . .	90
5.4.3	T1-Vorpuls . . . . .	90
5.4.4	Kontrastmitteldosierung, quantitative versus visuelle Auswertung . . . . .	90
5.4.5	Semiquantitative Auswertung . . . . .	91
5.4.6	Durchführung, Belastung . . . . .	91
5.4.7	Untersuchungsprotokoll der Perfusionsmessung . . . . .	91
5.4.8	Artefakte . . . . .	93
5.4.9	Perfusionsdefekt bei Stenose ohne stattgehabten Myokardinfarkt . . . . .	94
5.4.10	Perfusionsdefekt bei Myokardinfarkt . . . . .	95
5.4.11	Myokardperfusion, Indikationen . . . . .	95

<b>5.5</b>	<b>Linksventrikuläre Funktion unter pharmakologischem Stress</b>	96
<b>5.6</b>	<b>Kontrastmittelspätanreicherung</b>	97
5.6.1	Vitalitätsdiagnostik	97
5.6.2	Inversions-Recovery-Sequenz	98
5.6.3	Inversionszeit	99
5.6.4	Phasensensitive Bildgebung (PSIR) für die Kontrastmittelspätanreicherung	100
5.6.5	Durchführung	101
5.6.6	Frühe Aufnahmen	101
5.6.7	Kennzeichen der Kontrastmittelspätanreicherung bei Myokardinfarkt	102
5.6.8	Unterscheidung zwischen akutem und chronischem Infarkt	103
5.6.9	Differenzialdiagnose mikrovaskuläre Obstruktion	104
5.6.10	Indikationen zur Durchführung der Kontrastmittelspätanreicherung	104
<b>5.7</b>	<b>Myokardödem</b>	105
5.7.1	T2-Wichtung in Schwarzbluttechnik mit Fettunterdrückung	105
5.7.2	Fettunterdrückung: STIR, SPIR und SPAIR	106
<b>5.8</b>	<b>Myokarditis</b>	107
5.8.1	Klinisches Erscheinungsbild und Diagnostik	107
5.8.2	MRT-Protokoll bei Verdacht auf Myokarditis	108
5.8.3	Ödem-Ratio	108
5.8.4	Umschriebenes Ödem	109
5.8.5	Myokarditis, Kontrastmittelfrühanreicherung	109
5.8.6	Myokarditis, Kontrastmittelspätanreicherung	110
5.8.7	Myokarditis, Gewebecharakterisierung und Fehlermöglichkeit bei Myositis	110
<b>5.9</b>	<b>Kardiomyopathien</b>	111
5.9.1	Grundlagen	111
5.9.2	Dilatative Kardiomyopathie	112
5.9.3	Differenzialdiagnose Dilatative Kardiomyopathie und ischämische Herzerkrankung	112
5.9.4	Hypertrophe Kardiomyopathie	113
5.9.5	Restriktive Kardiomyopathie	113
5.9.6	Non-compaction-Kardiomyopathie	114
5.9.7	Tako-Tsubo-Kardiomyopathie	114
<b>5.10</b>	<b>Kardiale Raumforderungen</b>	115
5.10.1	Kardiale Raumforderungen, Lagebeschreibung	115
5.10.2	Benigne primäre Herztumoren und Malignitätskriterien	116
5.10.3	Maligne primäre Herztumoren	120
5.10.4	Primäre kardiale Lymphome	122
5.10.5	Maligne sekundäre Herztumoren	122
5.10.6	Metastasen	123
5.10.7	Perikardkarzinose	124
5.10.8	Thromben	124
<b>5.11</b>	<b>Angeborene (komplexe) Herzfehler</b>	125
5.11.1	Bildgebungsstrategie	125
5.11.2	Merkmale zur Identifikation der Herzhöhlen bei komplexen Herzvitien	125
5.11.3	Sequenzielle Analyse der Morphologie	126
5.11.4	Shuntvitien, Vorhofseptumdefekt (ASD) und Ventrikelseptumdefekt (VSD), Lungenvenenfehlmündung	127
5.11.5	Fallot-Tetralogie	127
5.11.6	Transposition der großen Gefäße (TGA)	128
	<b>Weiterführende Literatur</b>	129
<b>6</b>	<b>Arterien der oberen Extremität</b>	131
	<i>R. Vosshenrich, S. Partovi, P. Reimer</i>	
6.1	<b>Techniken</b>	132
6.2	<b>Anatomie und Varianten</b>	133
6.3	<b>Arteriosklerose</b>	135
6.4	<b>Aneurysmata</b>	136
6.5	<b>Vaskulitiden</b>	137
6.5.1	Riesenzellarteriitis	137

6.5.2	Takayasu-Arteriitis . . . . .	138
6.5.3	Thrombangiitis obliterans . . . . .	139
<b>6.6</b>	<b>Morbus Raynaud und sekundäres Raynaud-Phänomen</b> . . . . .	<b>140</b>
<b>6.7</b>	<b>Thoracic-outlet-Syndrom</b> . . . . .	<b>141</b>
<b>6.8</b>	<b>Steal-Syndrome</b> . . . . .	<b>142</b>
6.8.1	Subclavian-steal-Syndrom . . . . .	142
6.8.2	Truncus brachiocephalicus-steal-Syndrom . . . . .	143
<b>6.9</b>	<b>Vaskuläre Anomalien</b> . . . . .	<b>143</b>
6.9.1	Arteriovenöse Malformationen und Fisteln . . . . .	143
<b>6.10</b>	<b>Hämangiom</b> . . . . .	<b>144</b>
<b>6.11</b>	<b>Hämodialyse-Shunts</b> . . . . .	<b>144</b>
<b>6.12</b>	<b>Trauma</b> . . . . .	<b>145</b>
	<b>Literatur</b> . . . . .	<b>146</b>
<b>7</b>	<b>Abdomen – Niere</b> . . . . .	<b>147</b>
	<i>H. J. Michaely</i>	
<b>7.1</b>	<b>Normale Anatomie</b> . . . . .	<b>149</b>
<b>7.2</b>	<b>Nierenarterienvarianten</b> . . . . .	<b>149</b>
7.2.1	Akzessorische Nierenarterien . . . . .	150
<b>7.3</b>	<b>Nierenvenen</b> . . . . .	<b>150</b>
7.3.1	Nierenvenen-Varianten . . . . .	151
<b>7.4</b>	<b>Frühe Gabelung der Nierenarterien</b> . . . . .	<b>152</b>
<b>7.5</b>	<b>Anlagevarianten der Nieren</b> . . . . .	<b>152</b>
<b>7.6</b>	<b>Spezielle Techniken zur MRA der Nierengefäße und spezielle Situationen</b> . . . . .	<b>153</b>
7.6.1	Grundlagen der MRA der Nierenarterien . . . . .	153
7.6.2	Kontrastverstärkte MRA der Nierenarterien . . . . .	153
7.6.3	Bolus-Timing für die kontrastverstärkte MRA der Nierenarterien . . . . .	154
7.6.4	Höhere Beschleunigungsfaktoren der parallelen Bildgebung . . . . .	154
7.6.5	Parallele Bildgebung in Phasen- und Partitionskodierichtung (PAT <sup>2</sup> ) . . . . .	155
7.6.6	3D-volumetrische Sequenzen versus 3D-MRA-Sequenzen . . . . .	155
7.6.7	Zeitaufgelöste MRA . . . . .	156
7.6.8	Phasenkontrastmessungen zur Stenosegraduierung . . . . .	156
7.6.9	Venöse MRA . . . . .	157
7.6.10	MRA bei Schwangeren . . . . .	157
7.6.11	Mindestanforderungen MRA-Protokoll . . . . .	158
7.6.12	Nierenspender-Untersuchung . . . . .	158
7.6.13	Einfluss der räumlichen Auflösung . . . . .	158
7.6.14	Notwendigkeit isotroper Auflösung . . . . .	159
7.6.15	Intravaskulärer Ultraschall (IVUS)-Korrelation . . . . .	159
<b>7.7</b>	<b>Kontrastmittel</b> . . . . .	<b>160</b>
7.7.1	Vergleich verschiedener Kontrastmittel . . . . .	160
7.7.2	Kontrastmittelmenge . . . . .	160
7.7.3	Zeitaufgelöste MRA – Perfusion . . . . .	161
7.7.4	Zeitaufgelöste MRA – Dissektion . . . . .	162
<b>7.8</b>	<b>Nierenarterienstenose</b> . . . . .	<b>163</b>
7.8.1	Osteale und proximale Nierenarterienstenose . . . . .	163
7.8.2	Morphologie der Nierenarterienstenose . . . . .	163
7.8.3	Nierenarterienstenose: Behandlung mit Stent . . . . .	164
7.8.4	Nierenarterienstenose: Poststenotische Dilatation . . . . .	164
7.8.5	Nierenarterienstenose: Flächenstenose . . . . .	165
7.8.6	Nierenarterienstenose: Tandemstenose . . . . .	165
7.8.7	Nierenarterienstenose: Fokale Dissektion . . . . .	166
<b>7.9</b>	<b>Fibromuskuläre Dysplasie</b> . . . . .	<b>166</b>
7.9.1	Grundlagen . . . . .	166
7.9.2	Fibromuskuläre Dysplasie: Räumliche Auflösung . . . . .	167
7.9.3	Fibromuskuläre Dysplasie: Halsgefäße . . . . .	167
<b>7.10</b>	<b>Aneurysma</b> . . . . .	<b>168</b>



7.10.1	Aneurysma der Nierenarterien . . . . .	168
7.10.2	Aneurysma der Nierenvenen . . . . .	168
<b>7.11</b>	<b>Arteriovenöse Malformation . . . . .</b>	<b>169</b>
<b>7.12</b>	<b>Nierentransplantation . . . . .</b>	<b>169</b>
7.12.1	Transplantatnierenarterienstenose . . . . .	170
7.12.2	Transplantatnierenarterienstenose: Klemmartefakte . . . . .	170
7.12.3	Nierentransplantat-Komplikationen. . . . .	171
<b>7.13</b>	<b>Takayasu-Vaskulitis . . . . .</b>	<b>171</b>
<b>7.14</b>	<b>Vaskulitis . . . . .</b>	<b>172</b>
<b>7.15</b>	<b>Nierenvenenthrombose . . . . .</b>	<b>172</b>
<b>7.16</b>	<b>Nierenvenen: Tumorinfiltration . . . . .</b>	<b>173</b>
<b>7.17</b>	<b>Tumorkapselgefäße/Neovaskularisation . . . . .</b>	<b>173</b>
<b>7.18</b>	<b>Embolischer Nierenarterienverschluss. . . . .</b>	<b>174</b>
<b>7.19</b>	<b>»Nutcracker«-Syndrom/»pelvic congestion syndrome«. . . . .</b>	<b>175</b>
<b>7.20</b>	<b>Niereninfarkte. . . . .</b>	<b>176</b>
	<b>Literatur. . . . .</b>	<b>176</b>
<b>8</b>	<b>Mesenterialgefäße . . . . .</b>	<b>177</b>
	<i>S. O. Schönberg</i>	
<b>8.1</b>	<b>Anatomische Grundlagen . . . . .</b>	<b>179</b>
<b>8.2</b>	<b>Untersuchungstechnik . . . . .</b>	<b>179</b>
8.2.1	Sequenzparameter: Anatomische Abdeckung . . . . .	179
8.2.2	Sequenzparameter: Räumliche Auflösung . . . . .	180
8.2.3	Kontrastmittel, intravasale. . . . .	180
8.2.4	Kontrastmittel: Darstellung der Venen . . . . .	181
8.2.5	Funktionelle Untersuchungen: EKG-getriggerte Phasenkontrastflussmessungen. . . . .	182
8.2.6	Funktionelle Untersuchungen: 3D-Phasenkontrast-MR-Angiographie. . . . .	182
8.2.7	Funktionelle Untersuchungen: 3D-VIBE-Datensätze . . . . .	183
<b>8.3</b>	<b>Atherosklerotische Veränderungen. . . . .</b>	<b>183</b>
8.3.1	Mesenterialarterienstenose . . . . .	183
8.3.2	Mesenterialarterienstenose: Kollateralfluss – Riolan-Anastomose . . . . .	184
8.3.3	Mesenterialarterienstenose: Kollateralfluss über pankreatikoduodenale Arkaden . . . . .	184
8.3.4	Mesenterialarterienstenose: klinisches Vorgehen . . . . .	185
8.3.5	Mesenterialarterienstenose: Rekanalisation . . . . .	185
8.3.6	Mesenteriale Ischämie nichtokklusiver Genese . . . . .	186
8.3.7	Mesenterialarterienstenose: Gefäßchirurgische Therapie. . . . .	186
<b>8.4</b>	<b>Aneurysmatische Veränderungen . . . . .</b>	<b>187</b>
8.4.1	Nichtatherosklerotisch bedingte Aneurysmata: fibromuskuläre Dysplasie . . . . .	187
8.4.2	Nicht atherosklerotische bedingte aneurysmatische Veränderungen: Milzarterie. . . . .	187
8.4.3	Nicht atherosklerotisch bedingte aneurysmatische Veränderungen: Größenzunahme . . . . .	188
<b>8.5</b>	<b>Vaskulitis . . . . .</b>	<b>188</b>
8.5.1	Große Gefäße: Takayasu-Arteriitis . . . . .	188
8.5.2	Mittlere Gefäße: Panarthritis nodosa . . . . .	189
<b>8.6</b>	<b>Morbus Osler . . . . .</b>	<b>190</b>
<b>8.7</b>	<b>Venöse Anatomie. . . . .</b>	<b>191</b>
<b>8.8</b>	<b>Portale Hypertension . . . . .</b>	<b>191</b>
8.8.1	Grundlagen . . . . .	191
8.8.2	Portosystemische Umgehungskreisläufe: V. ovarica . . . . .	192
8.8.3	Portosystemische Umgehungskreisläufe: Mediastinale Venen. . . . .	192
8.8.4	Flussinduzierte Aneurysmata der Venen im Kollateralsystem . . . . .	193
<b>8.9</b>	<b>Pfortaderthrombose . . . . .</b>	<b>193</b>
8.9.1	Grundlagen . . . . .	193
8.9.2	Pfortaderthrombose mit Thrombose der V. mesenterica superior. . . . .	194
<b>8.10</b>	<b>Thrombose der Lebervenen. . . . .</b>	<b>194</b>
<b>8.11</b>	<b>Lebertransplantation . . . . .</b>	<b>195</b>
8.11.1	Stenose an der Anastomose der Transplantatarterie. . . . .	195
8.11.2	Verschluss der Transplantatarterie . . . . .	195

8.11.3	Venöse Komplikationen bei Lebertransplantation . . . . .	196
	<b>Literatur.</b> . . . .	196
<b>9</b>	<b>Abdomen, Tumor</b> . . . . .	197
	<i>C. Zech</i>	
<b>9.1</b>	<b>Anatomie Oberbauchgefäße</b> . . . . .	199
9.1.1	Truncus coeliacus . . . . .	199
9.1.2	Truncus hepatoesentericus . . . . .	199
9.1.3	A. mesenterica superior und inferior. . . . .	200
<b>9.2</b>	<b>Untersuchungstechnik bei abdominellen Tumoren</b> . . . . .	200
9.2.1	Grundlagen . . . . .	200
9.2.2	Protokoll. . . . .	201
9.2.3	Kontrastmittel . . . . .	201
<b>9.3</b>	<b>Wertigkeit von 3D-Sequenzen für die Oberbauchbildgebung</b> . . . . .	202
9.3.1	Leberdiagnostik . . . . .	202
9.3.2	Wertigkeit von 3D-Sequenzen für die Oberbauchbildgebung: räumliche Auflösung. . . . .	202
<b>9.4</b>	<b>Bedeutung der Atemtriggerung für die Oberbauchbildgebung</b> . . . . .	203
<b>9.5</b>	<b>Parallele Bildgebung</b> . . . . .	203
9.5.1	Grundlagen/Indikationen . . . . .	203
9.5.2	Parallele Bildgebung: Single-Shot-Sequenzen . . . . .	204
<b>9.6</b>	<b>Hochfeld-MRT</b> . . . . .	204
<b>9.7</b>	<b>Adenom.</b> . . . . .	205
9.7.1	T1-Wichtung . . . . .	205
9.7.2	T2-Wichtung . . . . .	205
9.7.3	Kontrastmittelaufnahme. . . . .	206
<b>9.8</b>	<b>Fokal noduläre Hyperplasie.</b> . . . . .	206
9.8.1	T1-Wichtung . . . . .	206
9.8.2	T2-Wichtung . . . . .	207
9.8.3	Kontrastmittelgabe . . . . .	207
<b>9.9</b>	<b>Hämangiom</b> . . . . .	208
9.9.1	T1-Wichtung . . . . .	208
9.9.2	T2-Wichtung . . . . .	208
9.9.3	Kontrastmittelgabe . . . . .	209
<b>9.10</b>	<b>Hepatozelluläres Karzinom</b> . . . . .	209
9.10.1	T1-Wichtung . . . . .	209
9.10.2	T2-Wichtung . . . . .	210
9.10.3	Kontrastmittelgabe . . . . .	210
9.10.4	Hepatozelluläres Karzinom nach TACE: Angiographie . . . . .	211
9.10.5	Hepatozelluläres Karzinom nach TACE: MRT . . . . .	211
9.10.6	Hepatozelluläres Karzinom nach TACE: Farb-Maps . . . . .	212
<b>9.11</b>	<b>Cholangiozelluläres Karzinom</b> . . . . .	212
9.11.1	T1-Wichtung . . . . .	212
9.11.2	T2-Wichtung . . . . .	213
9.11.3	Kontrastmittelgabe . . . . .	213
<b>9.12</b>	<b>Metastase, hypovaskularisiert</b> . . . . .	214
9.12.1	T1-Wichtung . . . . .	214
9.12.2	T2-Wichtung . . . . .	214
9.12.3	Kontrastmittelgabe . . . . .	215
<b>9.13</b>	<b>Metastase, hypervaskularisiert.</b> . . . . .	215
9.13.1	T1-Wichtung . . . . .	215
9.13.2	T1- und T2-Wichtung . . . . .	216
9.13.3	Kontrastmittelgabe . . . . .	216
<b>9.14</b>	<b>Metastasenrezidiv vor SIRT</b> . . . . .	217
9.14.1	T1-Wichtung . . . . .	217
9.14.2	Vor und nach SIRT im Vergleich. . . . .	217
9.14.3	Arterielle Kontrastierung. . . . .	218
<b>9.15</b>	<b>Exkurs: Leberspezifische Kontrastmittel.</b> . . . . .	218

9.15.1	Grundlagen . . . . .	218
9.15.2	Detektion und Charakterisierung . . . . .	219
<b>9.16</b>	<b>Pankreaskarzinom . . . . .</b>	<b>219</b>
9.16.1	Adenokarzinom . . . . .	219
9.16.2	Muzinöses Pankreaskarzinom. . . . .	220
9.16.3	Seröses Zystadenom im Pankreas . . . . .	220
<b>9.17</b>	<b>Nebennierentumor . . . . .</b>	<b>221</b>
9.17.1	Nebennierenadenom . . . . .	221
9.17.2	Phäochromozytom: hyperintens in T2-Wichtung . . . . .	221
9.17.3	Phäochromozytom: KM-Anreicherung . . . . .	222
9.17.4	Nebennierentumor – Metastase . . . . .	222
9.17.5	Nebennierenkarzinom . . . . .	223
9.17.6	Myelolipom der Nebenniere . . . . .	224
	<b>Literatur. . . . .</b>	<b>224</b>
<b>10</b>	<b>Aorta . . . . .</b>	<b>225</b>
	<i>F.A. Fellner, B. Povysil, C. Fellner</i>	
<b>10.1</b>	<b>Grundlegende Bemerkungen zum klinischen Stellenwert . . . . .</b>	<b>228</b>
10.1.1	Vorbemerkungen 1: Stellenwert bei Erwachsenen . . . . .	228
10.1.2	Vorbemerkungen 2: Stellenwert bei Kindern . . . . .	228
<b>10.2</b>	<b>Anatomie . . . . .</b>	<b>229</b>
10.2.1	Aorta thoracalis . . . . .	229
10.2.2	Aorta abdominalis . . . . .	229
10.2.3	Neue Segmenteinteilung der Aorta . . . . .	230
<b>10.3</b>	<b>Technische Erläuterungen . . . . .</b>	<b>230</b>
10.3.1	Patientenvorbereitung: Lagerung des Patienten . . . . .	231
10.3.2	Patientenvorbereitung: Spulenwahl . . . . .	231
10.3.3	Patientenvorbereitung: Atemanweisungen . . . . .	232
10.3.4	Patientenvorbereitung: Kontrastmittelapplikation . . . . .	232
10.3.5	Untersuchungsdurchführung: Lokalisierungssequenzen und Wahl der CE-MRA-Technik . . . . .	233
10.3.6	Untersuchungsdurchführung: Messparameter der CE-MRA . . . . .	233
10.3.7	Untersuchungsdurchführung: Testbolusmessung . . . . .	234
10.3.8	Untersuchungsdurchführung: Planung der CE-MRA-Sequenz . . . . .	234
10.3.9	Untersuchungsstrategien bei Kindern . . . . .	235
10.3.10	Weiterführende Untersuchungstechniken . . . . .	235
<b>10.4</b>	<b>Varianten . . . . .</b>	<b>236</b>
10.4.1	Variante: Truncus communis . . . . .	236
10.4.2	Variante: A. lusoria . . . . .	236
<b>10.5</b>	<b>Pathologische Veränderungen – kongenital . . . . .</b>	<b>237</b>
10.5.1	Kongenitale Herzfehler mit begleitenden Aortenanomalien: Transposition der großen Arterien . . . . .	237
10.5.2	Kongenitale Herzfehler mit begleitenden Aortenanomalien: single ventricle . . . . .	237
10.5.3	Kongenitale Herzfehler mit begleitenden Aortenanomalien: single ventricle in der MR-Rekonstruktion. . . . .	237
10.5.4	Kongenitale Herzfehler mit begleitenden Aortenanomalien: Transposition der großen Arterien . . . . .	238
10.5.5	Kongenitale Herzfehler mit begleitenden Aortenanomalien: TGA nach arterial switch operation . . . . .	238
10.5.6	Kongenitale Herzfehler mit begleitenden Aortenanomalien: TGA nach arterial switch operation (MR-Rekonstruktion) . . . . .	239
10.5.7	Kongenitale Herzfehler mit begleitenden Aortenanomalien: DILV . . . . .	239
10.5.8	Kongenitale Herzfehler mit begleitenden Aortenanomalien: DILV nach Operation. . . . .	240
10.5.9	Kongenitale Herzfehler mit begleitenden Aortenanomalien: DILV – postoperative Verhältnisse. . . . .	240
10.5.10	Aortenklappenvitien: valvuläre Aortenstenose . . . . .	241
10.5.11	Aortenklappenvitien: Aortenklappeninsuffizienz. . . . .	241
10.5.12	Aortenklappenvitien: valvuläre Aortenklappenstenose, Homograft . . . . .	242
10.5.13	Aortenanomalien: Übersicht . . . . .	242
10.5.14	Aortenanomalien: Aortenisthmusstenose – Darstellung des hypoplastischen Aortenbogens . . . . .	243
10.5.15	Aortenanomalien: Aortenisthmusstenose – Darstellung der poststenotischen Dilatation. . . . .	243
10.5.16	Aortenanomalien: Verlaufskontrolle der Isthmusstenosen – Reststenose der Aorta postoperativ . . . . .	244
10.5.17	Aortenanomalien: Verlaufskontrolle der Isthmusstenosen: Prothesenimplantat. . . . .	244

10.5.18 Aortenanomalien: bikuspidale Aortenklappe . . . . .	245
10.5.19 Aortenanomalien: Kinking des Aortenbogens – CE-MRA . . . . .	245
10.5.20 Aortenanomalien: Kinking des Aortenbogens – Quellenbild aus CE-MRA . . . . .	246
10.5.21 Aortenanomalien: Kinking des Aortenbogens – MR-Flussmessung. . . . .	246
10.5.22 Aortenanomalien: Kinking des Aortenbogens – morphologische Stenose . . . . .	247
10.5.23 Aortenanomalien: posttherapeutische Verlaufskontrollen . . . . .	247
10.5.24 Aortenanomalien: Divertikel des Ductus Botalli. . . . .	248
10.5.25 Aortenanomalien: Embryologie des Aortenbogens . . . . .	248
10.5.26 Aortenanomalien: rechtsdominanter Aortenbogen . . . . .	249
10.5.27 Aortenanomalien: rechts deszendierende Aorta . . . . .	249
10.5.28 Aortenanomalien: persistent fifth aortic arch (PFAA) – Anatomie . . . . .	250
10.5.29 Aortenanomalien: persistent fifth aortic arch – operative Korrektur . . . . .	250
10.5.30 Aortenanomalien: unterbrochener Aortenbogen . . . . .	251
10.5.31 Multilokuläre Veränderungen: multiple Venenthrombosen . . . . .	252
10.5.32 Multilokuläre Veränderungen: Hämangioendotheliomatose der Leber . . . . .	252
10.5.33 Multilokuläre Veränderungen: Veränderungen der Aorta bei Hämangioendotheliomatose der Leber . . . . .	253
10.5.34 Multilokuläre Veränderungen: Marfan-Syndrom . . . . .	253
10.5.35 Multilokuläre Veränderungen: Kawasaki-Syndrom . . . . .	254
<b>10.6 Pathologische Veränderungen – erworben. . . . .</b>	<b>254</b>
10.6.1 Koarktation der Aorta: Grundlagen . . . . .	254
10.6.2 Koarktation der Aorta: Formen . . . . .	255
10.6.3 Koarktation der Aorta: Rolle der MRA . . . . .	255
10.6.4 Aortendissektion: Ursachen . . . . .	256
10.6.5 Aortendissektion: Risikofaktoren und Entstehungsorte . . . . .	256
10.6.6 Aortendissektion: Inzidenz . . . . .	257
10.6.7 Aortendissektion: DeBaKey-Klassifikation . . . . .	257
10.6.8 Aortendissektion: Stanford-Klassifikation . . . . .	258
10.6.9 Aortendissektion: MRA-Bildgebung . . . . .	258
10.6.10 Aortendissektion: ESC-Klassifikation . . . . .	259
10.6.11 Aortendissektion: MSCTA-Bildgebung . . . . .	259
10.6.12 Aortendissektion: Befundrelevante Punkte . . . . .	260
10.6.13 Aortendissektion: MR-Schnittbilddiagnostik . . . . .	260
10.6.14 Aortendissektion: wahres und falsches Lumen . . . . .	261
10.6.15 Aortenaneurysma: Formen . . . . .	261
10.6.16 Aortenaneurysma: Inzidenz . . . . .	262
10.6.17 Aortenaneurysma: aneurysmatische Aufweitung versus Aneurysma . . . . .	263
10.6.18 Aortenaneurysma: abdominell . . . . .	263
10.6.19 Aortenaneurysma: MRA-Bildgebung – Volume Rendering . . . . .	264
10.6.20 Aortenaneurysma: MRA-Bildgebung – seitliche Projektion des Volume Rendering . . . . .	264
10.6.21 Aortenaneurysma: Rupturrisiko und Wachstumsrate . . . . .	265
10.6.22 Aortenaneurysma: befundrelevante Punkte . . . . .	265
10.6.23 Aortenaneurysma: MR-Schnittbilddiagnostik . . . . .	266
10.6.24 Aortenaneurysma: Postinterventionelle Kontrollen – nach Aortenprothese . . . . .	266
10.6.25 Aortenaneurysma: Postinterventionelle Kontrollen – Katheterangiographie. . . . .	267
10.6.26 Aortenaneurysma: postinterventionelle Kontrollen – MSCTA . . . . .	267
10.6.27 Aortenaneurysma: Normalwerte des Aortenlumens. . . . .	268
10.6.28 Aortenaneurysma: MR-Schnittbildgebung. . . . .	268
10.6.29 Arteriosklerotische Veränderungen der Aorta: Grundlagen . . . . .	269
10.6.30 Arteriosklerotische Veränderungen der Aorta: Thrombus – MRA . . . . .	269
10.6.31 Arteriosklerotische Veränderungen der Aorta: Thrombus – MSCTA. . . . .	270
10.6.32 Arteriosklerotische Veränderungen der Aorta: Thrombus versus Tumor. . . . .	270
10.6.33 Arteriosklerotische Veränderungen der Aorta: Thrombus – Topografie . . . . .	271
10.6.34 Arteriosklerotische Veränderungen der Aorta: Thrombus – Verlaufskontrolle . . . . .	271
10.6.35 Aortitis. . . . .	272
10.6.36 Erkrankungen von Ästen: Iliakalarterien . . . . .	272
10.6.37 Erkrankungen von Ästen: mesenteriale Arterien . . . . .	273
10.6.38 Erkrankungen von Ästen: spinale Arterien – AV-Fistel . . . . .	273

10.6.39	Erkrankungen von Ästen: spinale Arterien – AV-Fistel in Volume Rendering	274
<b>10.7</b>	<b>Probleme und Artefakte</b>	274
10.7.1	Pseudostenose durch inkomplette Abdeckung	274
10.7.2	Einfaltungen	275
10.7.3	Fehlende Subtraktion	275
10.7.4	Schlechte Kontrastierung bei Flussveränderungen	276
10.7.5	Flussphänomene und Bewegungsartefakte	277
10.7.6	Pseudostenosen in der MIP	277
10.7.7	Pseudostenosen durch Gefäßüberlagerung und/oder falsche Zuordnung in der MIP	278
	<b>Literatur</b>	278
<b>11</b>	<b>Magnetresonanztomographie der Becken-Bein-Fuß-Arterien</b>	279
	<i>R. Schmitt</i>	
<b>11.1</b>	<b>Einleitung</b>	281
11.1.1	Übersicht zur peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (pAVK)	281
11.1.2	Klinische und bildgebende Diagnostik	281
<b>11.2</b>	<b>MRA-Technik der Becken-Bein-Gefäße</b>	282
11.2.1	Untersuchungstechnische Herausforderungen	282
11.2.2	Technische Realisierung	283
11.2.3	Tischverschiebe-Technik	283
11.2.4	Phased-array-Spulen	284
11.2.5	Sequenzen der MRA	285
11.2.6	Patientenvorbereitung	285
11.2.7	Untersuchungsschritte	286
11.2.8	Planung der Schichtblöcke (Slabs)	286
11.2.9	Sequenzparameter	288
11.2.10	Kontrastmittel	289
11.2.11	Transitzeit	290
11.2.12	Arteriovenöse Passagezeit	290
11.2.13	Synchronisation von Bolusgeometrie und Datenakquisition	290
11.2.14	Akquisitionsreihenfolge in der peripheren MRA	291
11.2.15	Unterdrückung des Hintergrundsignals	295
11.2.16	Vermeidung von venösen Überlagerungen	296
11.2.17	Bildnachverarbeitung (Postprocessing)	298
<b>11.3</b>	<b>Normale Anatomie und Varianten der Becken-Bein-Arterien</b>	299
11.3.1	Aorta abdominalis	299
11.3.2	Iliakalarterien	300
11.3.3	Femoropopliteale Arterien	301
11.3.4	Kruropedale Arterien	303
11.3.5	Varianten der Beinarterien	305
<b>11.4</b>	<b>MRA-Befundinterpretation</b>	307
11.4.1	Lokalisationsdiagnostik vaskulärer Okklusionen	307
11.4.2	Femorale und popliteale Verteilerzonen	308
11.4.3	Stenosenmorphologie und -funktion	309
11.4.4	Quantifizierung von Stenosegraden	310
11.4.5	Artefakte in der peripheren MRA	311
<b>11.5</b>	<b>Krankheitsentitäten der Becken-Bein-Arterien</b>	317
11.5.1	Arteriosklerose	317
11.5.2	Nichtarteriosklerotisch bedingte pAVK-Formen	333
<b>11.6</b>	<b>Posttherapeutische Bildgebung mittels MRA</b>	347
11.6.1	Follow-up nach perkutaner transluminaler Angioplastie (PTA)	347
11.6.2	Follow-up nach PTA und Stent-Applikation	348
11.6.3	Follow-up nach Lyse-Therapie	349
11.6.4	Nachsorge bei operiertem Aortenaneurysma	350
11.6.5	Bypassverfahren	352
11.6.6	Patch-Erweiterungsplastik der A. femoris profunda	359
<b>11.7</b>	<b>Wertung und Ausblick zur MRA der Becken-Bein-Arterien</b>	360

11.7.1	Vergleich der diagnostischen Verfahren an den Becken-Bein-Arterien . . . . .	360
11.7.2	Neuere Entwicklungen . . . . .	360
	<b>Literatur.</b> . . . . .	362
<b>12</b>	<b>Ganzkörper-MR-Angiographie</b> . . . . .	365
	<i>C.U. Herborn</i>	
12.1	Ganzkörper-MRA versus DSA . . . . .	366
12.2	Ganzkörper-MRA versus DSA . . . . .	367
12.3	Asymptomatische Manifestation der Atherosklerose . . . . .	368
12.4	Atherosklerose – eine systemische Gefäßerkrankung . . . . .	369
12.5	Total Imaging Matrix – TIM-MRA . . . . .	370
12.6	TIM-MRA und Screening . . . . .	371
12.7	Aneurysmatische Form der pAVK . . . . .	372
12.8	Ganzkörper-MRA und asymptomatische pAVK . . . . .	373
12.9	Atherosklerose – eine systemische Gefäßerkrankung . . . . .	374
12.10	Optimierte Bildqualität durch venöse Kompression . . . . .	374
12.11	Hybrid-MRA . . . . .	375
12.12	Ganzkörper-MRA bei 3,0T . . . . .	375
	<b>Literatur.</b> . . . . .	376
<b>13</b>	<b>Bildgebung bei Venenerkrankungen</b> . . . . .	377
	<i>G.M. Kukuk, A. Lakghomi, W. Willinek</i>	
13.1	Vorbemerkungen . . . . .	378
13.2	Normale Anatomie und anatomische Varianten. . . . .	378
13.2.1	Einzugsgebiet der V.cava superior. . . . .	379
13.2.2	Lungenvenen. . . . .	380
13.2.3	Einzugsgebiet der V.cava inferior . . . . .	381
13.2.4	V. portae und Vv. hepaticae . . . . .	384
13.3	<b>Technik</b> . . . . .	384
13.3.1	Nicht kontrastmittelverstärkte MRT . . . . .	384
13.3.2	Kontrastmittelverstärkte MRT. . . . .	386
13.4	<b>Klinische Anwendung.</b> . . . . .	388
13.4.1	Thrombose . . . . .	388
13.4.2	Vaskuläre Anomalien . . . . .	395
13.4.3	Venöse Kompression und Kongestion. . . . .	398
	<b>Literatur</b> . . . . .	400
	<b>Serviceteil</b> . . . . .	403
	Stichwortverzeichnis . . . . .	404

# Autorenverzeichnis

---

## **Apfaltrer, Paul, Dr. med.**

Institut für Klinische Radiologie und Nuklearmedizin  
Universitätsmedizin Mannheim, Medizinische Fakultät  
Mannheim, Universität Heidelberg  
Theodor-Kutzer-Ufer 1–3  
68167 Mannheim

## **Christopoulos, Georgios, Dr. med.**

Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie  
Herz- und Gefäßklinik GmbH  
Salzburger Leite 1  
97616 Bad Neustadt

## **Dietrich, Olaf, Dr. rer. nat.**

Josef Lissner Laboratory for Biomedical Imaging  
Institut für Klinische Radiologie  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
Marchioninstr. 15  
81377 München

## **Fellner, Claudia, Dr. rer. biol. hum.**

Institut für Röntgendiagnostik  
Klinikum der Universität Regensburg  
Franz-Josef-Strauß-Allee 11  
93052 Regensburg

## **Fellner, Franz A., Prim. Univ.-Prof. Dr.**

Zentrales Radiologie Institut  
AKH Linz  
Krankenhausstr. 9  
AT-4020 Linz

## **Henzler, Thomas, PD Dr. med.**

Institut für Klinische Radiologie und Nuklearmedizin  
Universitätsmedizin Mannheim  
Medizinische Fakultät Mannheim, Universität Heidelberg  
Theodor-Kutzer-Ufer 1–3  
68167 Mannheim

## **Herborn, Christoph U., Prof. Dr. MBA**

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf  
Zentrum für Radiologie  
Martinistraße 52  
20251 Hamburg

## **Krombach, Gabriele A., Prof. Dr. med.**

Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie  
Universitätsklinikum Gießen  
Justus Liebig Universität Gießen  
Klinikstr. 33  
35392 Gießen

## **Kukuk, Guido M., Dr. med.**

Radiologische Klinik Bonn  
Sigmund-Freud-Str. 25  
53127 Bonn

## **Lakghomi, Asadeh, Dr. med.**

Radiologische Klinik Bonn  
Sigmund-Freud-Str. 25  
53127 Bonn

## **Michaely, Henrik J., Prof. Dr. med.**

Diagnostische Gemeinschaftspraxis Karlstraße  
Karlstr. 104–106  
76137 Karlsruhe

## **Papke, Karsten, Dr. med.**

St. Bonifatius Hospital gGmbH  
Radiologie und Nuklearmedizin  
Wilhelmstr. 13  
49808 Lingen

## **Partovi, Sasan, Dr. med.**

Department of Radiology  
University Hospitals Case Medical Center/Case Western  
Reserve University  
11100 Euclid Ave  
USA-Cleveland, Ohio 44106

## **Povysil, Brigitte, Prim. Dr.**

Medizinische Radiologie-Diagnostik  
Landes-Frauen- und Kinderklinik  
Krankenhausstr. 26–30  
AT-4020 Linz

## **Reimer, Peter, Prof. Dr. med.**

Institut für diagnostische und interventionelle Radiologie  
Städtisches Klinikum Karlsruhe  
Moltkestr. 90  
76133 Karlsruhe

## **Schmitt, Rainer, Prof. Dr. med.**

Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie  
Herz- und Gefäß-Klinik GmbH  
Salzburger Leite 1  
97616 Bad Neustadt

## **Schönberg, Stefan O., Prof. Dr. med.**

Institut für Klinische Radiologie und Nuklearmedizin  
Universitätsmedizin Mannheim  
Theodor-Kutzer-Ufer 1–3  
68167 Mannheim

**Vosshenrich, Rolf, Prof. Dr. med.**

Praxis für Moderne Schnittbild Diagnostik  
Bahnhofsallee 1d  
37081 Göttingen

**Willinek, Winfried, Prof. Dr. med.**

Radiologische Klinik  
Universitätsklinikum Bonn  
Sigmund-Freud-Str. 25  
53127 Bonn

**Zech, Christoph J., PD Dr. med.**

Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin  
Abt. Interventionelle Radiologie  
Universitätsspital Basel  
Petersgraben 4  
CH-4031 Basel