



Daniela Kildal *Hrsg.*

# Medizinische Fremdkörper in der Bildgebung

Kopf, Extremitäten und Wirbelsäule

 Springer

## Medizinische Fremdkörper in der Bildgebung

Daniela Kildal  
(Hrsg.)

# Medizinische Fremdkörper in der Bildgebung

Kopf, Extremitäten und Wirbelsäule

Mit 1703 Abbildungen und 8 Tabellen

*Herausgeber*

**Dr. med. Daniela Kildal MHBA (Master of Health Business Administration)**  
Universitätsklinikum Ulm,  
Ulm

ISBN 978-3-662-53749-7      978-3-662-53750-3 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-53750-3

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

Springer

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2017

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

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

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Fotonachweis Umschlag: © Dr. med. Daniela Kildal, Ulm

Zeichnungen: Ingrid Schobel, Hannover

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Deutschland

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

## Vorwort

---

Wir werden in unserer täglichen Arbeit oft mit Bildmaterial konfrontiert, auf dem neben anatomischen und/oder pathologischen Strukturen auch Fremdmaterial abgebildet ist. In erster Linie handelt es sich dabei um medizinische Fremdmaterialien wie Katheter, Schrittmacher und Osteosynthesematerialien. In meiner eigenen Ausbildung musste ich feststellen, dass mir ein Lehrbuch fehlte, welches diese Fremdmaterialien beschrieb und eine Hilfestellung bei der Befundung und Beurteilung, insbesondere von Fehllagen und Komplikationen, bieten konnte. Immer wieder haben meine Kollegen und ich nachts in den Diensten im Internet und in Dutzenden Büchern nach Fremdmaterialien gesucht. Erfahrungen wie diese haben letztlich zu dem Entschluss geführt, eben selbst ein Lehrbuch zu schreiben. Dieses Lehrbuch ist in erster Linie für Assistenzärzte in der Radiologie und anderer Fächer konzipiert. Aber auch Studierende und erfahrenere Kollegen sind herzlich eingeladen, darin zu blättern.

Das Buch ist in 2 Bänden erschienen. Im vorliegenden 2. Band haben wir uns auf die implantierbaren Fremdkörper in Kopf, Knochen und Wirbelsäule konzentriert, außerdem Medikamentenpumpen, Neurostimulatoren und eine Zusammenfassung der traumatischen und akzidentiellen Fremdkörper sowie einen Abschnitt zu sonstigen Fremdkörpern, die bisher nicht erwähnt wurden. Trotz aller Bemühungen konnten wir dennoch nicht alle Fremdkörper unterbringen und haben uns auf die häufigsten beschränkt. Alle Kapitel wurden jeweils von wenigstens zwei Autoren bearbeitet, dabei handelt es sich um einen klinisch tätigen Facharztkollegen und einen Facharzt der Radiologie.

Ein Hinweis zu den Bildern: Ausnahmslos alle Bilder beider Bände wurden in irgendeiner Form, teils mehrfach, nachbearbeitet, um den oder die Fremdkörper zu betonen. Die Anamnese der Patienten ist grundsätzlich fiktiv, allenfalls angelehnt an ähnliche real existierende Fälle.

**Daniela Kildal**

Ulm, im Frühjahr 2017

## Danksagung

---

In erster Linie möchte ich allen Mitwirkenden, Autoren, Koautoren, Fotomodellen, Lektoren und Mitarbeitern des Verlages danken, ohne deren Arbeit es dieses Buch nicht gegeben hätte.

Für die Genehmigung zur Verwendung des Bildmaterials möchte ich Prof. Dr. med. M. Beer, Prof. Dr. med. H.-J. Brambs, Dr. med. B. Danz, Prof. Dr. med. B. Hamm und Prof. Dr. med. Forsting vielmals danken. Ein besonderer Dank geht an dieser Stelle an Dr. med. Korsch für die Anfertigung der Photographien einer Kyphoplastie, die viel zum Verständnis beitragen, wie ich finde, und an T. Breining und Dr. J. Pocię, die weitere Bilder aus ihrer Sammlung beigetragen haben.

Abschließend gilt mein Dank auch Prof. Dr. W. Oestmann, der mir im letzten Moment des PJs die Radiologie als interessantes Fach präsentierte und der somit überhaupt »Schuld daran ist«, dass ich Radiologin geworden bin, sowie meinem ersten Chefarzt Dr. Danz, der uns Assistenten stets ein Vorbild war, und meiner Familie für die Geduld während der Buchentstehung.

**Daniela Kildal**

Ulm, im Herbst 2016

## Die Herausgeberin

---

Frau Dr. med. Daniela Kildal ist Fachärztin für Radiologie und leitende Oberärztin der Abteilung Radiologie der Kreiskliniken Günzburg/Krumbach, einem Standort der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Universitätsklinikums Ulm. Sie ist Dozentin von E-Learning-Kursen, z. B. bei Lecturio, und langjährige Dozentin für die MEDI-LEARN-Repetitorien im Fach Radiologie.

# Inhaltsverzeichnis

---

## I Fremdkörper in der Bildgebung: Grundlagen

<b>1 Herausforderungen bei der Bildgebung medizinischer Materialien</b> . . . . .	3
<i>T. Blasenbrey, D. Kildal, M.-A. Geibel</i>	
<b>1.1 Vorbemerkungen</b> . . . . .	4
<b>1.2 Artefakte</b> . . . . .	4
1.2.1 Bewegungsartefakte . . . . .	4
1.2.2 Computertomographie . . . . .	7
1.2.3 Magnetresonanztomographie . . . . .	9
<b>1.3 Vorgehen bei Untersuchung von Patienten mit Implantaten im MRT</b> . . . . .	11
1.3.1 Implantatpass . . . . .	12
1.3.2 Hilfreiche Internetseiten . . . . .	12
<b>Literatur</b> . . . . .	13

## II Kopf

<b>2 Iatrogenes Fremdmaterial in der kranialen Bildgebung</b> . . . . .	17
<i>K. Efinger, U.M. Mauer, D. Kildal</i>	
<b>2.1 Anatomie</b> . . . . .	18
2.1.1 Schädelkalotte . . . . .	18
2.1.2 Gehirnstrukturen . . . . .	19
2.1.3 Anatomische Landmarken in der Schnittbildgebung . . . . .	20
2.1.4 Arterien und Venen . . . . .	22
2.1.5 Liquorsystem . . . . .	24
<b>2.2 Iatrogen eingebrachtes Material am Schädelknochen</b> . . . . .	27
2.2.1 Schädeldachplastik . . . . .	27
2.2.2 Darstellung in der Bildgebung . . . . .	35
2.2.3 Komplikationen . . . . .	37
2.2.4 Der Knochendeckel auf der Abdomenübersicht . . . . .	43
2.2.5 Zusammenfassung . . . . .	43
<b>2.3 Iatrogen eingebrachtes Fremdmaterial im Hirnparenchym</b> . . . . .	44
2.3.1 Katheter . . . . .	44
2.3.2 Sonden . . . . .	45
2.3.3 Neurovaskulärer Konflikt . . . . .	48
2.3.4 Lokale Tumortherapie . . . . .	52
2.3.5 Zusammenfassung . . . . .	55
<b>2.4 Iatrogen eingebrachtes Material im Gefäßsystem</b> . . . . .	56
2.4.1 Gefäßclips . . . . .	56
2.4.2 Coils, Stents und Flow-Diverter . . . . .	62
2.4.3 Einsatz von Stents bei intrakraniellen Stenosen . . . . .	81
2.4.4 Polymere . . . . .	82
2.4.5 Kontrastmittel . . . . .	91
<b>2.5 Iatrogen eingebrachtes Material im inneren Liquorraum</b> . . . . .	93
2.5.1 Ventrikeldrainagen . . . . .	95
2.5.2 Shuntsysteme . . . . .	96

<b>2.6</b>	<b>Iatrogen eingebrachtes Material in den äußeren Liquorräumen</b>	127
2.6.1	Epi- und Subduralhämatome	127
2.6.2	Arachnoidalzysten	127
2.6.3	Subdurale Hygrome	128
	<b>Literatur</b>	128
<b>3</b>	<b>Auge und Orbita</b>	129
	<i>L. Krause, K. Stock, D. Kildal</i>	
<b>3.1</b>	<b>Anatomie</b>	130
3.1.1	Kompartimente	130
<b>3.2</b>	<b>Diagnostisches Vorgehen</b>	131
3.2.1	Radiologische Untersuchungstechniken	131
3.2.2	Plombe	131
3.2.3	Cerclage	132
3.2.4	Silikonöl	133
3.2.5	Intraokulare Kunstlinsen	135
3.2.6	Orbitaimplantate	137
3.2.7	Epithesen	141
3.2.8	Unfallbedingte intraokulare und orbitale Fremdkörper	143
3.2.9	Tantalum-Clips	149
<b>3.3</b>	<b>Quiz</b>	151
<b>4</b>	<b>Ohr</b>	153
	<i>C. Reinhardt, D. Kildal, K. Efinger</i>	
<b>4.1</b>	<b>Vorbemerkungen zur Anatomie</b>	154
<b>4.2</b>	<b>Medizinische Fremdmaterialien am und im Ohr</b>	154
<b>4.3</b>	<b>Paukenröhrchen</b>	155
<b>4.4</b>	<b>Mittelohrimplantate</b>	156
4.4.1	Tympanoplastik	156
4.4.2	Stapesplastik	157
<b>4.5</b>	<b>Hörgeräte</b>	158
4.5.1	Historisches	158
4.5.2	Moderne Hörgeräte	159
4.5.3	Knochenverankerte Hörgeräte (»bone anchored hearing aid«, BAHA)	164
<b>4.6</b>	<b>Cochleaimplantat</b>	166
<b>4.7</b>	<b>Hirnstammimplantate</b>	170
<b>4.8</b>	<b>MRT-Untersuchungen bei Hörgeräten</b>	173
4.8.1	Konventionelle Hörgeräte	173
4.8.2	Mittelohrimplantate, Cochleaimplantate und Hirnstammimplantate	173
4.8.3	Nach einer MRT-Untersuchung	176
<b>4.9</b>	<b>Gehörschutz</b>	176
<b>4.10</b>	<b>Ohrmuschelprothesen</b>	176
<b>4.11</b>	<b>Quiz</b>	177
	<b>Weiterführende Literatur</b>	177
<b>5</b>	<b>Fremdkörper in der zahnmedizinischen Bildgebung</b>	179
	<i>M.-A. Geibel, K. Beckert, F. Reinhardt, D. Kildal</i>	
<b>5.1</b>	<b>Historisches</b>	180
<b>5.2</b>	<b>Anatomie</b>	181
<b>5.3</b>	<b>Radiologische Bildgebung</b>	185
5.3.1	Zahnfüllungen	186
5.3.2	Inlays, Onlays, (Teil-) Kronen	188
5.3.3	Brücken	189

5.3.4	Implantate, Stiftzähne . . . . .	190
5.3.5	Zahnspangen . . . . .	193
<b>5.4</b>	<b>Komplikationen . . . . .</b>	<b>195</b>
5.4.1	Entzündungen . . . . .	195
5.4.2	Blutungen und Nervenverletzungen . . . . .	196
5.4.3	Fehllagen . . . . .	196
5.4.4	Periimplantitis . . . . .	197
5.4.5	Aspiration, Ingestion . . . . .	197
	<b>Literatur . . . . .</b>	<b>197</b>

### III Knochen

<b>6</b>	<b>Allgemeine Osteosyntheseverfahren . . . . .</b>	<b>201</b>
	<i>A. Tepass, O. Segitz, D. Kildal</i>	
6.1	<b>Historisches . . . . .</b>	202
6.2	<b>Osteosyntheseprinzipien . . . . .</b>	203
6.2.1	Osteosyntheseverfahren . . . . .	203
6.3	<b>Drähte . . . . .</b>	204
6.3.1	Kirschner-Drahtosteosynthese . . . . .	204
6.4	<b>Osteosyntheseschrauben . . . . .</b>	204
6.4.1	Unterscheidung nach der Form . . . . .	205
6.4.2	Verwendung nach der Funktion . . . . .	206
6.5	<b>Plattenosteosynthese . . . . .</b>	209
6.5.1	Arten von Osteosyntheseplatten . . . . .	209
6.5.2	Unterteilung nach Funktionsmechanismus . . . . .	210
6.5.3	Unterteilung nach der Form . . . . .	213
6.6	<b>Intramedulläre Marknagelosteosynthese . . . . .</b>	219
6.7	<b>Fixateur externe . . . . .</b>	224
6.7.1	Arten der Fixateur-externe-Versorgung . . . . .	226
6.8	<b>Cerclagen . . . . .</b>	230
6.8.1	McLaughlin-Cerclage . . . . .	232
6.8.2	TightRope . . . . .	233
6.9	<b>Osteosynthesen mit Knochenzement . . . . .</b>	234
6.9.1	Knochenzement . . . . .	234
6.9.2	Anwendungen . . . . .	234
6.10	<b>Sporttraumatologisches Material . . . . .</b>	236
6.10.1	Knochenklammern (Krampen) . . . . .	237
6.10.2	Interferenzschrauben . . . . .	237
6.10.3	Fadenanker . . . . .	237
6.10.4	Suture Disc . . . . .	237
6.10.5	Endobuttons . . . . .	237
	<b>Literatur . . . . .</b>	<b>238</b>
<b>7</b>	<b>Spezielle Osteosynthesematerialien – kleiner Osteosyntheseatlas . . . . .</b>	<b>239</b>
	<i>A. Tepass, O. Segitz, D. Kildal</i>	
7.1	<b>Klavikula und Akromioklavikulargelenk . . . . .</b>	241
7.2	<b>Schultergelenk und Skapula . . . . .</b>	242
7.3	<b>Humerusschaft . . . . .</b>	245
7.4	<b>Ellenbogengelenk und Humerus . . . . .</b>	247
7.5	<b>Unterarm . . . . .</b>	250
7.5.1	Radiuskopf . . . . .	251
7.5.2	Radiusschaft . . . . .	253

7.5.3	Distaler Radius . . . . .	255
<b>7.6</b>	<b>Hand</b> . . . . .	257
<b>7.7</b>	<b>Becken</b> . . . . .	262
<b>7.8</b>	<b>Femur</b> . . . . .	265
7.8.1	Schenkelhals . . . . .	265
7.8.2	Proximales Femur . . . . .	267
7.8.3	Femurschaft . . . . .	268
<b>7.9</b>	<b>Kniegelenk</b> . . . . .	270
7.9.1	Tibiakopffrakturen . . . . .	273
7.9.2	Patellafrakturen . . . . .	275
<b>7.10</b>	<b>Unterschenkel</b> . . . . .	277
<b>7.11</b>	<b>Talus und Kalkaneus</b> . . . . .	282
<b>7.12</b>	<b>Fuß</b> . . . . .	284
	<b>Literatur</b> . . . . .	291
<b>8</b>	<b>Gelenkprothesen</b> . . . . .	293
	<i>A. Tepass, O. Segitz, D. Kildal</i>	
<b>8.1</b>	<b>Allgemeines</b> . . . . .	294
8.1.1	Hemiprothesen . . . . .	294
8.1.2	Totalendoprothesen . . . . .	294
8.1.3	Zementierte Prothesen . . . . .	295
8.1.4	Materialien . . . . .	296
<b>8.2</b>	<b>Hüftprothesen</b> . . . . .	297
8.2.1	Prothesenschäfte . . . . .	299
8.2.2	Prothesenpfannen . . . . .	303
8.2.3	Hüftkopfersatz . . . . .	304
8.2.4	Andere Hüftprothesen . . . . .	305
<b>8.3</b>	<b>Knieprothesen</b> . . . . .	308
8.3.1	Schlittenprothesen . . . . .	308
8.3.2	Teilgekoppelte Knieprothese . . . . .	311
8.3.3	Achsgeführte Knieprothese (vollgekoppelte Totalendoprothese) . . . . .	312
<b>8.4</b>	<b>Schulterprothesen</b> . . . . .	314
8.4.1	Anatomische Prothesen . . . . .	314
8.4.2	Inverse Prothesen . . . . .	316
<b>8.5</b>	<b>Ellenbogengelenkprothesen</b> . . . . .	318
<b>8.6</b>	<b>Prothesen des oberen Sprunggelenks</b> . . . . .	321
<b>8.7</b>	<b>Quiz</b> . . . . .	323
	<b>Literatur</b> . . . . .	326
<b>9</b>	<b>Komplikationen</b> . . . . .	327
	<i>D. Kildal, A. Tepass</i>	
<b>9.1</b>	<b>Operative Komplikationen</b> . . . . .	328
9.1.1	Unzureichende Reposition . . . . .	329
9.1.2	Primäre Materialfehl­lage . . . . .	337
9.1.3	Verletzung von Gefä­ßen . . . . .	343
<b>9.2</b>	<b>Spät­komplikationen</b> . . . . .	344
9.2.1	Sekundäre Dislokation . . . . .	344
9.2.2	Materialdislokation/-migration . . . . .	346
9.2.3	Materiallockerung/-bruch . . . . .	350
9.2.4	Periprothetische Fraktur . . . . .	356
9.2.5	Infektionen . . . . .	357
9.2.6	Pseudarthrose . . . . .	364
9.2.7	Avaskuläre Nekrosen . . . . .	368

9.2.8	Refraktur . . . . .	369
9.2.9	Luxation . . . . .	370
9.2.10	Heterotope Ossifikationen . . . . .	373
9.2.11	Abrieb . . . . .	375
<b>9.3</b>	<b>Quiz . . . . .</b>	<b>375</b>
	<b>Literatur und weiterführende Literatur . . . . .</b>	<b>376</b>
<b>10</b>	<b>Wirbelsäule . . . . .</b>	<b>377</b>
	<i>D. Kildal, J. Pocij, T. Schlosser</i>	
<b>10.1</b>	<b>Anatomische Vorbemerkungen . . . . .</b>	<b>378</b>
10.1.1	Numerische Anomalien . . . . .	380
10.1.2	Messungen an der Wirbelsäule . . . . .	388
10.1.3	Quiz . . . . .	391
<b>10.2</b>	<b>Zementaugmentation: Vertebroplastie und Kyphoplastie . . . . .</b>	<b>393</b>
10.2.1	Vertebroplastie . . . . .	394
10.2.2	Kyphoplastie . . . . .	396
10.2.3	Vesselplastie . . . . .	398
10.2.4	Komplikationen . . . . .	408
10.2.5	Quiz . . . . .	414
<b>10.3</b>	<b>Osteosynthese der Wirbelsäule . . . . .</b>	<b>418</b>
10.3.1	Historisches . . . . .	418
10.3.2	Indikationen . . . . .	418
10.3.3	Operationen zur Stabilisierung der Halswirbelsäule . . . . .	419
10.3.4	Spondylodese . . . . .	424
10.3.5	Osteosynthese bei Skoliose . . . . .	429
<b>10.4</b>	<b>Bandscheibenprothesen und Cages . . . . .</b>	<b>438</b>
10.4.1	Bandscheibenprothesen . . . . .	439
10.4.2	Bandscheibencages . . . . .	440
10.4.3	Spacer bei Spinalkanalstenose . . . . .	446
10.4.4	Wirbelkörperersatz . . . . .	447
10.4.5	Komplikationen . . . . .	454
10.4.6	Quiz . . . . .	455
<b>10.5</b>	<b>Komplikationen von Wirbelsäuleneingriffen . . . . .</b>	<b>456</b>
10.5.1	Fehllage . . . . .	456
10.5.2	Blutungen . . . . .	460
10.5.3	Liquorfistel, Liquorleck . . . . .	466
10.5.4	Infektion . . . . .	469
10.5.5	Lockerung von Implantaten . . . . .	475
10.5.6	Materialbruch . . . . .	478
10.5.7	Anschlussdegeneration . . . . .	479
10.5.8	Quiz . . . . .	480
	<b>Literatur . . . . .</b>	<b>481</b>

## **IV Medikamentenpumpen und Stimulationsverfahren**

<b>11</b>	<b>Medikamentenpumpen und Stimulationsverfahren . . . . .</b>	<b>485</b>
	<i>D. Zebedies, D. Kildal</i>	
<b>11.1</b>	<b>Medikamentenpumpen . . . . .</b>	<b>486</b>
11.1.1	Arten von Arzneimittelpumpen . . . . .	486
11.1.2	Arztmittelpumpen bei M. Parkinson . . . . .	488
11.1.3	Baclofen-Pumpe bei Spastik . . . . .	490
11.1.4	Pumpentherapie bei Diabetes mellitus Typ 1 . . . . .	494

<b>11.2</b>	<b>Stimulationsverfahren</b> . . . . .	495
11.2.1	Komplikationen . . . . .	495
11.2.2	Rückenmarkstimulation bei chronischen Schmerzen . . . . .	496
11.2.3	Ganglienstimulation . . . . .	501
11.2.4	Stimulation des N. occipitalis bei Clusterkopfschmerz und Migräne . . . . .	502
11.2.5	Tiefe Hirnstimulation (THS) . . . . .	503
11.2.6	Neuromodulation des Ganglion sphenopalatinum bei Clusterkopfschmerzen . . . . .	508
11.2.7	Stimulation des N. hypoglossus – »Zungenschrittmacher« . . . . .	510
11.2.8	N.-phrenicus-Stimulator . . . . .	511
11.2.9	Sakrale Neurostimulation . . . . .	513
<b>11.3</b>	<b>Komplikationen bei Neurostimulatoren und Medikamentenpumpen</b> . . . . .	514
11.3.1	Blutung . . . . .	514
11.3.2	Dislokation . . . . .	515
11.3.3	Katheterbruch/Sondenbruch . . . . .	516
11.3.4	Liquorleck . . . . .	517
<b>11.4</b>	<b>Quiz</b> . . . . .	518
	<b>Literatur</b> . . . . .	519

## V Akzidentielle und traumatische Fremdkörper

<b>12</b>	<b>Akzidentielle Fremdkörper</b> . . . . .	523
	<i>D. Kildal, F. Deißler, J. Wichmann, M. Kallenbach, U. Hundertmark, T. Breining</i>	
<b>12.1</b>	<b>Akzidentielle, iatrogen eingebrachte Fremdkörper</b> . . . . .	524
12.1.1	Gossypibome . . . . .	526
<b>12.2</b>	<b>Aspiration</b> . . . . .	529
<b>12.3</b>	<b>Ingestition</b> . . . . .	531
12.3.1	Diagnostik . . . . .	531
12.3.2	Typische Fremdkörperlagen . . . . .	531
12.3.3	Befunde . . . . .	532
<b>12.4</b>	<b>Fremdkörpertypen</b> . . . . .	538
12.4.1	Münzen . . . . .	538
12.4.2	Spitze Fremdkörper . . . . .	539
12.4.3	Gefährliche Fremdkörper . . . . .	541
<b>12.5</b>	<b>Autoerotische Fremdkörper</b> . . . . .	545
<b>12.6</b>	<b>Andere akzidentielle Fremdkörper</b> . . . . .	548
<b>12.7</b>	<b>Quiz</b> . . . . .	550
<b>13</b>	<b>Traumatische Fremdkörper</b> . . . . .	553
	<i>A. Siemieniec, D. Kildal (unter Mitarbeit von U. Hundertmark und T. Breining)</i>	
<b>13.1</b>	<b>Perforierende und penetrierende Fremdkörper</b> . . . . .	554
13.1.1	Exkurs Nadelstichverletzung . . . . .	554
13.1.2	Perforierende Fremdkörper in den Extremitäten . . . . .	556
13.1.3	Perforierende Fremdkörper in Kopf und Torso . . . . .	560
13.1.4	Pfählungsverletzung . . . . .	566
<b>13.2</b>	<b>Feuerwerk</b> . . . . .	568
	<b>Literatur und weiterführende Literatur</b> . . . . .	570
<b>14</b>	<b>Piercing</b> . . . . .	571
	<i>D. Kildal</i>	
<b>14.1</b>	<b>Abheilungsdauer</b> . . . . .	572
14.1.1	Zeitlich begrenzte Entfernung eines Piercings . . . . .	572
<b>14.2</b>	<b>Bedeutung von Piercings in der Bildgebung</b> . . . . .	573

<b>14.3</b>	<b>Komplikationen</b> .....	573
<b>14.4</b>	<b>Formen</b> .....	574
14.4.1	Piercing-Grundformen .....	574
<b>14.5</b>	<b>Lokalisationen</b> .....	575
14.5.1	Mamillen-Piercing .....	577
14.5.2	Oberflächen-Piercings .....	577
14.5.3	Nabel-Piercing .....	578
14.5.4	Intim-Piercing .....	579
<b>15</b>	<b>Fremdkörperüberlagerungen</b> .....	581
	<i>F. Deißler, D. Kildal</i>	
<b>15.1</b>	<b>Einleitung</b> .....	582
<b>15.2</b>	<b>Überlagerungen von A bis Z</b> .....	582
15.2.1	A .....	582
15.2.2	Asthmaspray .....	583
15.2.3	B .....	584
15.2.4	C .....	588
15.2.5	D .....	590
15.2.6	E .....	591
15.2.7	F .....	593
15.2.8	G .....	594
15.2.9	H .....	595
15.2.10	I .....	598
15.2.11	K .....	599
15.2.12	L .....	604
15.2.13	M .....	605
15.2.14	N .....	607
15.2.15	O .....	608
15.2.16	P .....	609
15.2.17	Q .....	610
15.2.18	R .....	610
15.2.19	S .....	611
15.2.20	T .....	614
15.2.21	U .....	614
15.2.22	V .....	615
15.2.23	W .....	616
15.2.24	X .....	616
15.2.25	Z .....	617
<b>15.3</b>	<b>Quiz</b> .....	618
<b>Anhang</b>	.....	621
Quizlösungen	.....	622
Stichwortverzeichnis	.....	626

## Mitarbeiterverzeichnis

---

**Beckert, Katrin, Dr. med. dent.**

Werder

**Blasenbrey, Tilmann, Dr.-Ing. Dipl.-Phys.**

Ulm

**Breining, Thomas**

Ulm

**Deißler, Frauke, Dr. med.**

Dittelbrunn

**Efinger, Klaus, Dr. med.**

Ulm

**Geibel, Margrit-Ann, Prof. Dr. med. dent.**

Blaustein

**Hundertmark, Ulrike, Dr. med.**

Köln

**Kallenbach, Michael, Dr. med.**

Berlin

**Kildal, Daniela, Dr. med.**

Ulm

**Krause, Lothar, PD Dr. med.**

Dessau-Roßlau

**Mauer, Uwe Max, Prof. Dr. med.**

Ulm

**Pociej, Joanna, Dr. med.**

Berlin

**Reinhardt, Carsten, Dr. med.**

Hamburg

**Reinhardt, Franziska, Dr. med. dent.**

Hamburg

**Schlosser, Thomas, Prof. Dr. med.**

Essen

**Segitz, Oliver, Dr. med.**

Günzburg

**Siemienic, Anke**

Oldenburg

**Stock, Karsten, Dr. med.**

Dessau-Roßlau

**Tepass, Alexander, Dr. med.**

Ulm

**Wichmann, Jana, Dr. med.**

Laupheim

**Zebedies, Daniela, Dr. med.**

Berlin

# Abkürzungsverzeichnis

<b>ABI</b>	»auditory brainstem implant«	<b>ESIN</b>	elastischer stabiler intramedullärer Nagel (Frakturversorgung)
<b>ACA</b>	»anterior cerebral artery«	<b>ETN</b>	Expert-Tibianagel (Frakturversorgung)
<b>AC-Gelenk</b>	Akromioklavikulargelenk	<b>ETT</b>	Endotrachealtubus
<b>ACI</b>	A. carotis interna	<b>EVD</b>	externe Ventrikeldrainage
<b>ACOM</b>	»anterior communicating artery«	<b>EVOH</b>	Ethylen-Vinylalkohol-Copolymer
<b>ADC</b>	»apparent diffusion coefficient«	<b>FAST</b>	»focussed abdominal sonography for trauma«
<b>AICA</b>	»anterior inferior cerebellar artery«	<b>FBSS</b>	Failed-back-surgery-Syndrom
<b>AIE</b>	A. iliaca externa	<b>FDI</b>	»floating mass transducer«
<b>ALIF</b>	»anterolateral interbody fusion«	<b>FSE</b>	Turbo-Spin-Echo
<b>AMP</b>	Arzneimittelpumpe	<b>GABA</b>	Gamma-Aminobuttersäure
<b>ANT-THS</b>	tiefe Hirnstimulation im Nucleus anterior thalami	<b>GAV</b>	»gravity assisted valve«
<b>AO</b>	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen	<b>Gd</b>	Gadolinium
<b>AU</b>	autoerotischer Unfall	<b>GDC</b>	Guglielmi Detachable Coil
<b>AVM</b>	Malformation	<b>GPI</b>	Globus pallidus internus
<b>BAHA</b>	»bone anchored hearing aid«	<b>GRE</b>	Gradient-Echo
<b>BWK</b>	Brustwirbelkörper	<b>Hb</b>	Hämoglobin
<b>BWS</b>	Brustwirbelsäule	<b>HbA<sub>1c</sub></b>	Glykohämoglobin
<b>BZ</b>	Blutzucker	<b>HBK</b>	Harnblasenkatheter
<b>CCT</b>	kranielle Computertomographie, Schädel-CT	<b>HdO-Gerät</b>	Hinter-dem-Ohr-Gerät (Hörgerät)
<b>CI</b>	Cochleaimplantat	<b>HE</b>	heterotope Ossifikation bzw. Hounsfield-Einheit (je nach Zusammenhang)
<b>CIC</b>	Completely-in-the-canal-Hörgerät	<b>HIV</b>	humanes Immundefizienzvirus
<b>CISS</b>	»constructive interference in steady state«	<b>HKL</b>	Hinterkammerlinse
<b>CMC-Gelenk</b>	Karpometakarpalgelenk	<b>HKN</b>	Hautklammernaht
<b>CP</b>	»compression plate« (Frakturversorgung)	<b>HWK</b>	Halswirbelkörper
<b>CPAP</b>	»continuous positive airway pressure«	<b>HWS</b>	Halswirbelsäule
<b>CRIF</b>	»closed reduction and internal fixation« (Frakturversorgung)	<b>IdO-Gerät</b>	Im-Ohr-Gerät (Hörgerät)
<b>CRP</b>	C-reaktives Protein	<b>IPG</b>	implantierbarer Pulsgenerator
<b>CRPS</b>	»complex regional pain syndrome«	<b>ITB-Therapie</b>	intra-thekale Baclofen-Therapie
<b>CTA</b>	CT-Angiographie	<b>IUP</b>	Intrauterinpeppar
<b>D</b>	Digitus (Finger)	<b>KM</b>	Kontrastmittel
<b>Db</b>	Dezibel	<b>LC-DCP</b>	»limited-contact dynamic compression plate« (Frakturversorgung)
<b>DBS</b>	»deep brain stimulation«	<b>LCP</b>	»locking compression plate« (Frakturversorgung)
<b>DC</b>	»dynamic compression« (Frakturversorgung)	<b>LFN</b>	lateraler Femurnagel (Frakturversorgung)
<b>DCP</b>	»dynamic compression plate« (Frakturversorgung)	<b>LISS</b>	»less invasive stabilisation system« (Frakturversorgung)
<b>DEGIR</b>	Deutsche Gesellschaft für Interventionelle Radiologie	<b>LNE</b>	Lymphnodektomie
<b>DHS</b>	dynamische Hüftschraube	<b>LWK</b>	Lendenwirbelkörper
<b>DIP</b>	distales Interphalangealgelenk	<b>LWS</b>	Lendenwirbelsäule
<b>DK</b>	Dauerkatheter	<b>MCA</b>	»medial cerebral artery«
<b>DP</b>	distale Phalanx	<b>MFK</b>	Mittelfußknochen
<b>DPS</b>	direkte diaphragmale Stimulation	<b>MHK</b>	Mittelhandknochen
<b>DSA</b>	digitale Subtraktionsangiographie	<b>MIP</b>	»maximum intensity projection«
<b>DVT</b>	digitale Volumetomographie	<b>MIPO</b>	minimalinvasive perkutane Osteosynthese
<b>DWI</b>	»diffusion weighted imaging«	<b>MKG-Chirurgie</b>	Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgie
<b>EAS</b>	elektroakustische Stimulation	<b>MoM</b>	Metall-auf-Metall-Gleitpaarung
<b>ECMES</b>	»embrochage centromédullaire élastique stable« (Frakturversorgung)	<b>MPFL</b>	mediales patellofemorales Ligament
<b>EDH</b>	epidurale Blutung	<b>MPR</b>	multiplanare Rekonstruktion
<b>ePIC</b>	»electronic patient implant card«	<b>MRA</b>	MR-Angiographie

## Abkürzungsverzeichnis

<b>MTRA</b>	medizinisch-technische(r) Röntgenassistent(in)	<b>TMT</b>	tarsometatarsales Gelenk
<b>MUTARS</b>	»modular universal tumor and revision system«	<b>TOF</b>	»time of flight«
<b>NB</b>	Nebenbefund/nebenbefundlich	<b>TORP</b>	»total ossicular chain reconstructive prosthesis«
<b>NEM</b>	Nichtedelmetall	<b>TSE</b>	Turbo-Spin-Echo
<b>NPH</b>	Normaldruckhydrozephalus	<b>USG</b>	untees Sprunggelenk
<b>ONS</b>	»occipital nerve stimulation«	<b>v.a./VA</b>	ventrikuloatrial
<b>ORIF</b>	»open reduction and internal fixation« (Frakturversorgung)	<b>v.p./VP</b>	ventrikuloperitoneal
<b>OSG</b>	oberes Sprunggelenk	<b>VA</b>	A. vertebralis
<b>PAK</b>	Pulmonalarterienkatheter	<b>VCS</b>	V. cava superior
<b>pAVK</b>	periphere arterielle Verschlusskrankheit	<b>VEPTR</b>	vertikal erweiterbare prothetische Titanrippe
<b>PCA</b>	»posterior cerebral artery«	<b>VIM</b>	Nucleus ventralis intermedius
<b>PCOM</b>	»posterior communicating«	<b>VKL</b>	Vorderkammerlinse
<b>PD</b>	Paukendrainage	<b>VNS</b>	Vagusnervstimulation
<b>PDLA</b>	Poly-D-Lactid	<b>WF</b>	Wurzelfüllung
<b>PDM</b>	»personal diabetes manager«	<b>WHO</b>	World Health Organization
<b>PE</b>	Polyethylen	<b>WK</b>	Wirbelkörper
<b>PEEK</b>	Polyetheretherketon	<b>ZVK</b>	zentraler Venenkatheter
<b>PEG</b>	perkutane endoskopische Gastrostomie		
<b>PFNA</b>	proximaler Femurnagel Antiration (Frakturversorgung)		
<b>PHIL</b>	Precipitating Hydrophobic Injectable Liquid		
<b>PICA</b>	»posterior inferior cerebellar artery«		
<b>PKP</b>	perkutane Kyphoplastie		
<b>PLDLLA</b>	Poly-(L-co-D/L-Lactid)		
<b>PLIF</b>	»posterolateral interbody fusion«		
<b>PLLA</b>	Poly-L-Lactid		
<b>PMMA</b>	Polymethylmethacrylat		
<b>PORP</b>	»partial ossicular chain reconstructive prosthesis«		
<b>PSA</b>	Panoramaschichtaufnahme (Zahnheilkunde)		
<b>PTA</b>	perkutane transluminale Angioplastie		
<b>PVP</b>	perkutane Vertebroplastie		
<b>SAB</b>	Subarachnoidalblutung		
<b>SCS</b>	»spinal cord stimulation« (epidurale Rückenmarkstimulation)		
<b>SDH</b>	subdurales Hämatom		
<b>SE</b>	Spin-Echo		
<b>SI-Gelenk</b>	Sakroiliakgelenk		
<b>SPG</b>	Ganglion-sphenopalatinum-Stimulation		
<b>SPIR</b>	Spin-Echo fat saturation		
<b>SSD-Rekonstruktion</b>	Shaded-surface-display-Rekonstruktion		
<b>STIR</b>	»short-Tau inversion recovery«		
<b>STN</b>	Nucleus subthalamicus		
<b>SUCA</b>	»superior cerebellar artery«		
<b>SWK</b>	Sakralwirbelkörper		
<b>T</b>	Tesla		
<b>TENS</b>	»titanium elastic nail« (Frakturversorgung) bzw. transkutane elektrische Nervenstimulation (je nach Zusammenhang)		
<b>TEP</b>	Totalendoprothese		
<b>THS</b>	tiefe Hirnstimulation		
<b>TIRM</b>	»turbo-inversion recovery-magnitude«		

# Fremdkörper in der Bildgebung: Grundlagen

Kapitel 1 Herausforderungen bei der Bildgebung medizinischer  
Materialien – 3  
*T. Blasenbrey, D. Kildal, M.-A. Geibel*

# Herausforderungen bei der Bildgebung medizinischer Materialien

*T. Blasenbrey, D. Kildal, M.-A. Geibel*

## 1.1 Vorbemerkungen – 4

## 1.2 Artefakte – 4

### 1.2.1 Bewegungsartefakte – 4

### 1.2.2 Computertomographie – 7

### 1.2.3 Magnetresonanztomographie – 9

## 1.3 Vorgehen bei Untersuchung von Patienten mit Implantaten im MRT – 11

### 1.3.1 Implantatpass – 12

### 1.3.2 Hilfreiche Internetseiten – 12

## Literatur – 13

## 1.1 Vorbemerkungen

Röntgenstrahlen werden beim Durchwandern von Materie abgeschwächt. Die abgeschwächten Röntgenstrahlen werden je nach Ausgangsintensität und Intensität nach Durchstrahlung der Materie im Röntgenbild abgebildet, abhängig von den Absorptionskoeffizienten (s. auch ► Kap. 1 in Band 1). Starke Abschwächung führt zu helleren Flächen (Transparenzminderungen) im Röntgenbild, schwache Abschwächung zu dunkleren Flächen (Transparenzerhöhungen). Metalle können in aller Regel von Röntgenstrahlen in medizinischer Dosis nicht durchdrungen werden und sind als intransparente, annähernd weiße Flächen im Röntgenbild abgebildet. Das kann die Beurteilung solcher Röntgenaufnahmen behindern, da Strukturen vor oder hinter dem Metall nicht mehr abzugrenzen sind.

Im CT können strahlenförmig um das Metall angeordnete Auslöschungen als **Metallartefakte** auftreten, die auch die Beurteilung der Umgebungsstrukturen einschränken.

Auch bei MRT-Untersuchungen können durch medizinische Fremdkörper **Artefakte**, aber auch weitere unerwünschte Effekte wie die **Induktion von Strömen**, **Hitzentwicklung** und **Wechselwirkungen zwischen ferromagnetischen Materialien und dem Magnetfeld** ausgelöst werden.

In diesem Kapitel beschäftigen wir uns mit den Problemen die bei CT- und MRT-Untersuchungen durch metallische Bestandteile medizinischer Fremdkörper auftreten können, da wir ihnen im Band 2 der »Medizinischen Fremdkörper in der Bildgebung« in fast allen Kapiteln begegnen werden.

## 1.2 Artefakte

Wir behandeln der Übersichtlichkeit wegen nur die häufigsten und die für Fremdkörperabbildung relevantesten **Röntgen- und CT-Probleme:**

- Bewegungsartefakte,
- Metallartefakte:
  - Auslöschungsartefakte,
  - Aufhärtungsartefakte,

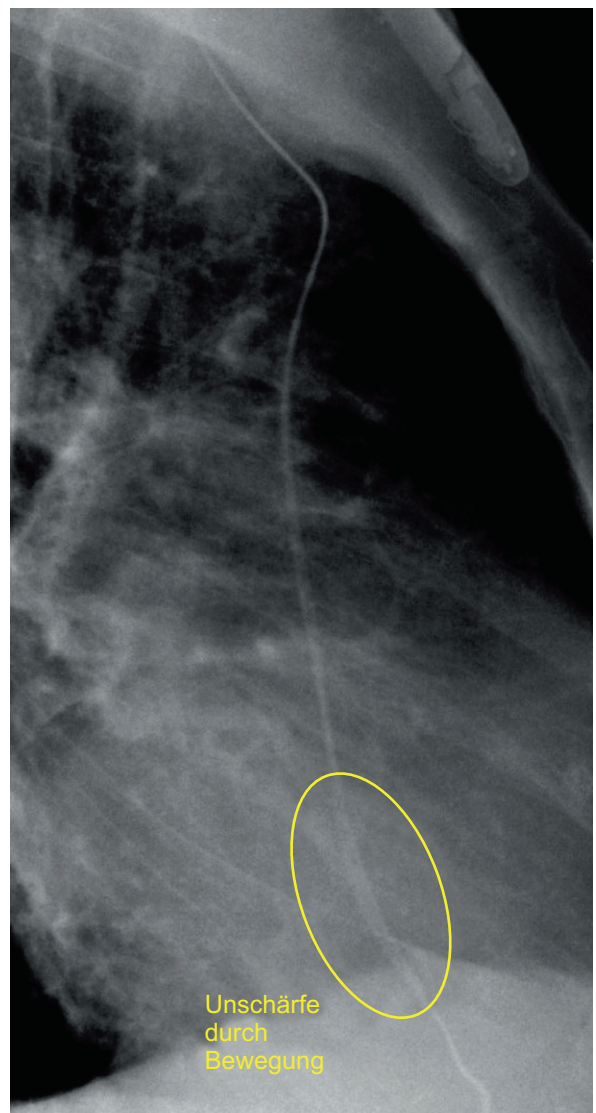
sowie die **Probleme**, die bei **MRT-Untersuchungen** von Patienten mit implantierbaren Medizinprodukten auftreten können, wie:

- technische Störungen,
- Schäden am MRT,
- Schäden an Implantaten,
- Fehlfunktion von Implantaten/elektrischen Geräten,
- Artefakte/Verzerrung,
- Bewegungsartefakte,

- Induktion von elektrischen Strömen,
- Hitzentwicklung,
- Wechselwirkung zwischen ferromagnetischen Materialien und dem Magnetfeld.

### 1.2.1 Bewegungsartefakte

Bewegungsartefakte können in allen bildgebenden Modalitäten auftreten und werden durch den Patienten verursacht. Wenn der Patient sich während des Aufnahmevorganges bewegt, sehen wir unscharfe, verwischte, teils völlig unbrauchbare Bilder oder Doppelkonturen (► Abb. 1.1).



► **Abb. 1.1** Hier ein Beispiel für eine geringe Unschärfe bei einer Schrittmacherelektrode im Röntgenbild. Hier war die Ursache der Bewegungsunschärfe die Bewegung des Herzens selbst

## 1.2 · Artefakte

Ursächlich sind meist unwillkürliche Bewegungen des Patienten (Zittern, Zucken), Atmung (■ Abb. 1.2), Herzbewegung, aber auch ausgeprägte Bewegungen durch Patienten, die eine ihnen unbequeme Lage verbessern oder den Ort der Aufnahme gar verlassen wollen. ■ Abb. 1.3 zeigt die Aufnahme eines Patienten, der während der Aufnahme gehustet hat.

Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Bewegungsartefakten steigt mit der Länge der Akquisitionszeit, die daher möglichst kurz geplant werden sollte.



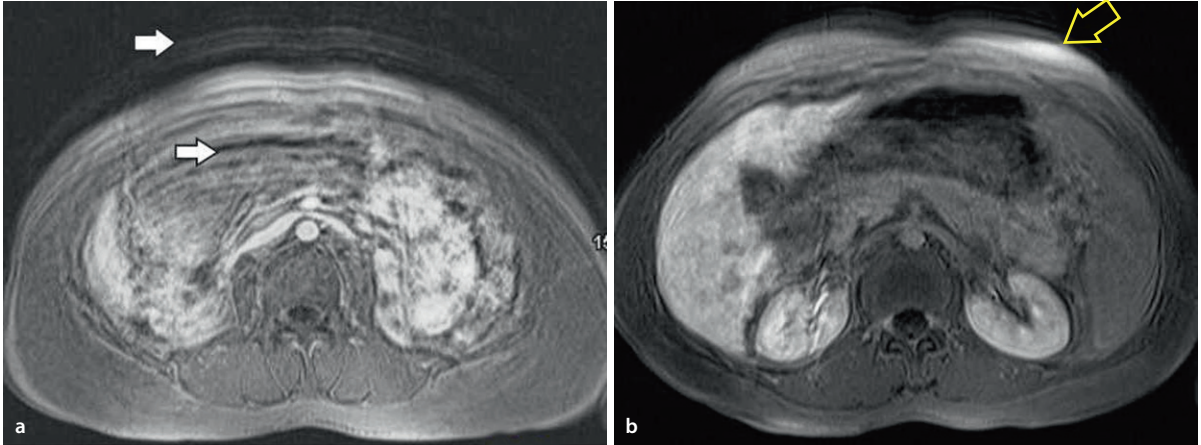
■ **Abb. 1.2** Durch Atemartefakte nicht ausreichend gut beurteilbare seitliche Thoraxaufnahme. Neben zwei künstlichen Herzklappen sind in diesem Bild ein ZVK und ein Defibrillator abgebildet



■ **Abb. 1.3a, b** Der Patient hat während der Aufnahme gehustet. Multiple knöcherne Doppelkonturen durch erhebliche Bewegungsartefakte während der Aufnahme. Spinalkanal und Gefäße sind nicht mehr ausreichend gut beurteilbar. Der anamnestisch bekannte ZVK ist nicht abzugrenzen

1 In MRT-Untersuchungen treten Atem- und Bewegungsartefakte (■ Abb. 1.4) aufgrund der längeren Akquisitionszeit von teils mehreren Minuten deutlich häufiger auf. Diese Artefakte erscheinen zumeist als linienförmiges Rauschen.

Um Atemartefakte im MRT zu verringern, sollte man auf schnellere Sequenzen (z. B. GRE-Sequenzen) oder Navigatorsequenzen ausweichen. Artefakte durch Bewegung des Herzens können durch EKG-getriggerte Sequenzen stark reduziert werden.



■ **Abb. 1.4a, b** Patientin mit (geringer) Dyspnoe. Atemartefakte im MRT (weiße Pfeile) führen zu linienförmigen Artefakten und beeinträchtigen die Fettsättigung (gelber Pfeil)

## 1.2.2 Computertomographie

### Auslöschungsartefakte

Auslöschungsartefakte entstehen, wenn Strahlung auf Materialien mit einer hohen Absorption (wie Metalle) trifft. Der Röntgenstrahl wird durch das Metall nahezu vollständig abgeschwächt, sodass das am Detektor eintreffende Signal quasi als nicht vorhanden oder fast nicht vorhanden detektiert wird. Im Bild sehen wir eine streifenförmige Verschattung um ein (metallisches) Objekt herum (Abb. 1.5, Abb. 1.6).

#### Info to go

Im CT sind Metallartefakte im Knochenfenster weniger stark ausgeprägt.

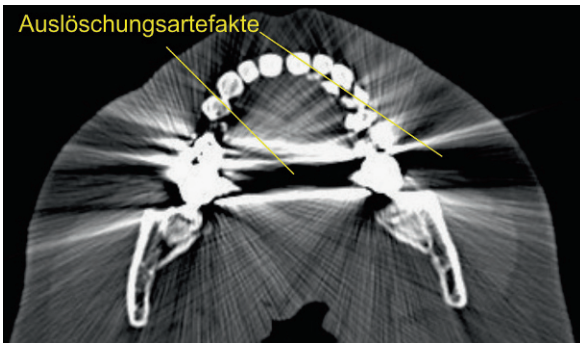


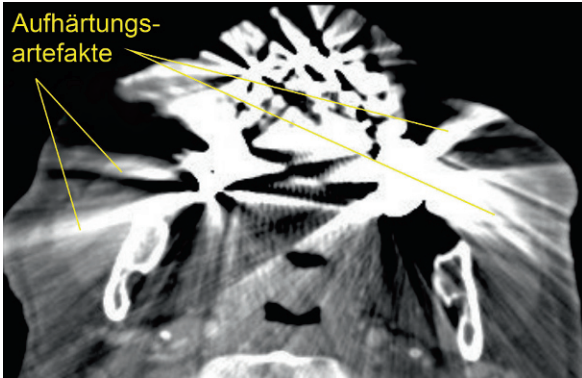
Abb. 1.5 Auslöschungsartefakte im Bereich des Unterkiefers bei metallhaltigen Zahnfüllungen



Abb. 1.6a, b Bei dieser Patientin mit SCS (»spinal cord stimulation«; epidurale Rückenmarkstimulation) wurde nach einer Implantatinfektion und nach spinaler Einblutung gefragt. Die ausgeprägten Metallartefakte (strahlenförmige Auslöschungs- und Aufhärungsartefakte) um den Impulsgeber und um die epidurale Elektrode herum verhinderten eine adäquate Diagnose. Das Subkutangewebe um den Impulsgeber konnte sonographisch untersucht werden

## Aufhärtingsartefakte

Als Aufhärtingsartefakte werden Areale um einen Körper, die eine scheinbare Aufhellung darstellen, bezeichnet. Sie gehören zu den häufigen Artefakten im CT (■ Abb. 1.7).



■ **Abb. 1.7** Aufhärtingsartefakte im Bereich des Unterkiefers bei metallhaltigen Zahnfüllungen

## Partialvolumeneffekte

Partielle Volumeneffekte können im CT auftreten, wenn die ausgewählte Voxelauflösung größer ist als die zu messenden Strukturen. In diesem Fall ist das dargestellte Voxel nicht repräsentativ für die unterschiedlichen Dichten der Strukturen, die den äußeren Grenzschichten eines einzelnen Voxels angrenzen. Die Absorptionskoeffizienten sind stark unterschiedlich entsprechend den Dichten. Die abgeschwächten Strahlenintensitäten (entsprechend den unterschiedlichen Absorptionskoeffizienten) werden dann über das »Voxelvolumen« gemittelt.

Anstelle von stark unterschiedlichen Grauwerten ergibt sich ein mittlerer Grauwert, wenn die Substrukturen aufgelöst werden (der Grauwert eines Voxels ist repräsentativ, wenn die abgebildeten Strukturen innerhalb des Voxels isotrope Dichtewerte (Absorptionskoeffizienten) haben, je isotroper die Verteilung in einem Voxel, desto weniger Volumeneffekte, und umgekehrt).

Partielle Volumeneffekte treten hauptsächlich an Übergängen von Oberflächen mit stark unterschiedlichem Absorptionskoeffizienten auf, daher besonders auch im Bereich metallischer Fremdkörper.

### 1.2.3 Magnetresonanztomographie

Häufige Artefakte bei MRT sind:

- Bewegungsartefakte, Flussartefakte,
- Partialvolumenartefakte,
- Trunktionsartefakte,
- Rückfaltungsartefakte,
- Chemical-shift-Artefakte,
- Suszeptibilitätsartefakte,
- Hochfrequenzartefakte,
- und weitere.

Für die Bildgebung medizinischer Fremdkörper sind v. a. die **Wechselwirkungen von MRT und Metallen** von Bedeutung. Hinsichtlich der übrigen Artefakte verweisen wir auf die entsprechende Fachliteratur.

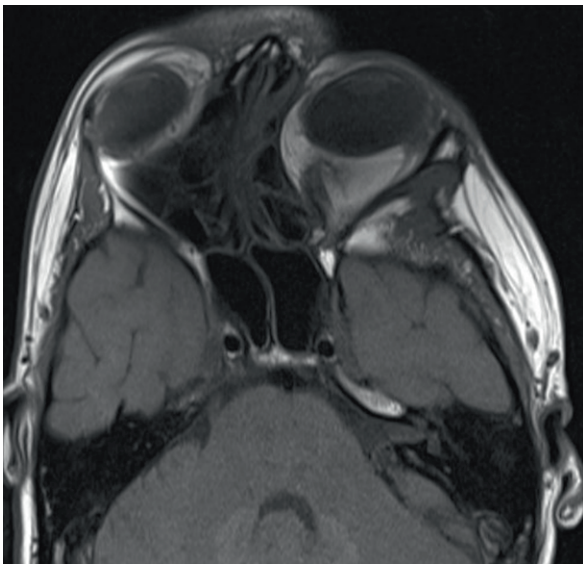
Seit Jahren steigt die Zahl der durchgeführten MRT aufgrund der zunehmenden Einsatzmöglichkeiten und Indikationen. Zeitgleich tragen immer mehr Patienten medizinische Fremdkörper wie z. B. Cochlea-Implantate, Schrittmacher, Medikamentenpumpen oder Endoprothesen im Körper. Bei einer MRT können diese metallischen Fremdkörper unerwünschte Effekte verursachen wie

- technische Störungen,
- Schäden am MRT,
- Schäden an Implantaten,
- Fehlfunktion von Implantaten/elektrischen Geräten,
- Artefakte/Verzerrung,
- Induktion von elektrischen Strömen,
- Hitzentwicklung,
- Wechselwirkung zwischen ferromagnetischen Materialien und dem Magnetfeld.

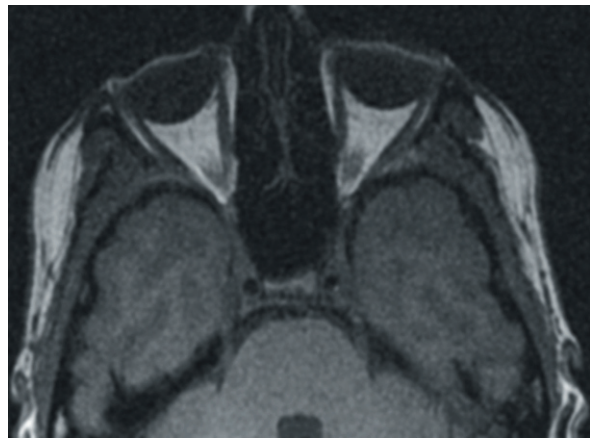
#### Metallartefakte/Suszeptibilitätsartefakte

Suszeptibilitätsartefakte treten an Phasengrenzen verschiedener Materialien auf, besonders stark ausgeprägt sind diese, wenn magnetisierbare Metalle im Magnetfeld liegen. Es kommt zu Signalausfällen und Verzerrungen. Die Artefakte durch metallische Fremdkörper werden nicht als Sicherheitsproblem angesehen, können aber die diagnostische Aussagekraft der Untersuchung erheblich einschränken.

Die Artefakte in [Abb. 1.8](#) wurden durch induzierte Ströme in metallischem Zahnersatz ausgelöst, in [Abb. 1.9](#) war es das Make-up der Patientin: metallhaltiger Lidsschatten enthält häufig Kobalt, ein ferromagnetisches Übergangsmetall.



■ **Abb. 1.8** Verzerrungen in einer T1-Sequenz. Diese Artefakte wurden durch induzierte Ströme in metallischem Zahnersatz ausgelöst



■ **Abb. 1.9** Die Verzerrungen und Deformationen der Augen dieser Patientin hatte keinen medizinischen Grund. Diese Artefakte wurden durch metallhaltigen Lidsschatten – häufig Kobalt (ferromagnetisches Übergangsmetall) verursacht.

1 **■** Abb. 1.10 zeigt deutliche Suszeptibilitätsartefakte um eine metallische Prothese (Modular Universal Tumor And Revision System) herum mit erschwelter Beurteilung der angrenzenden Strukturen.

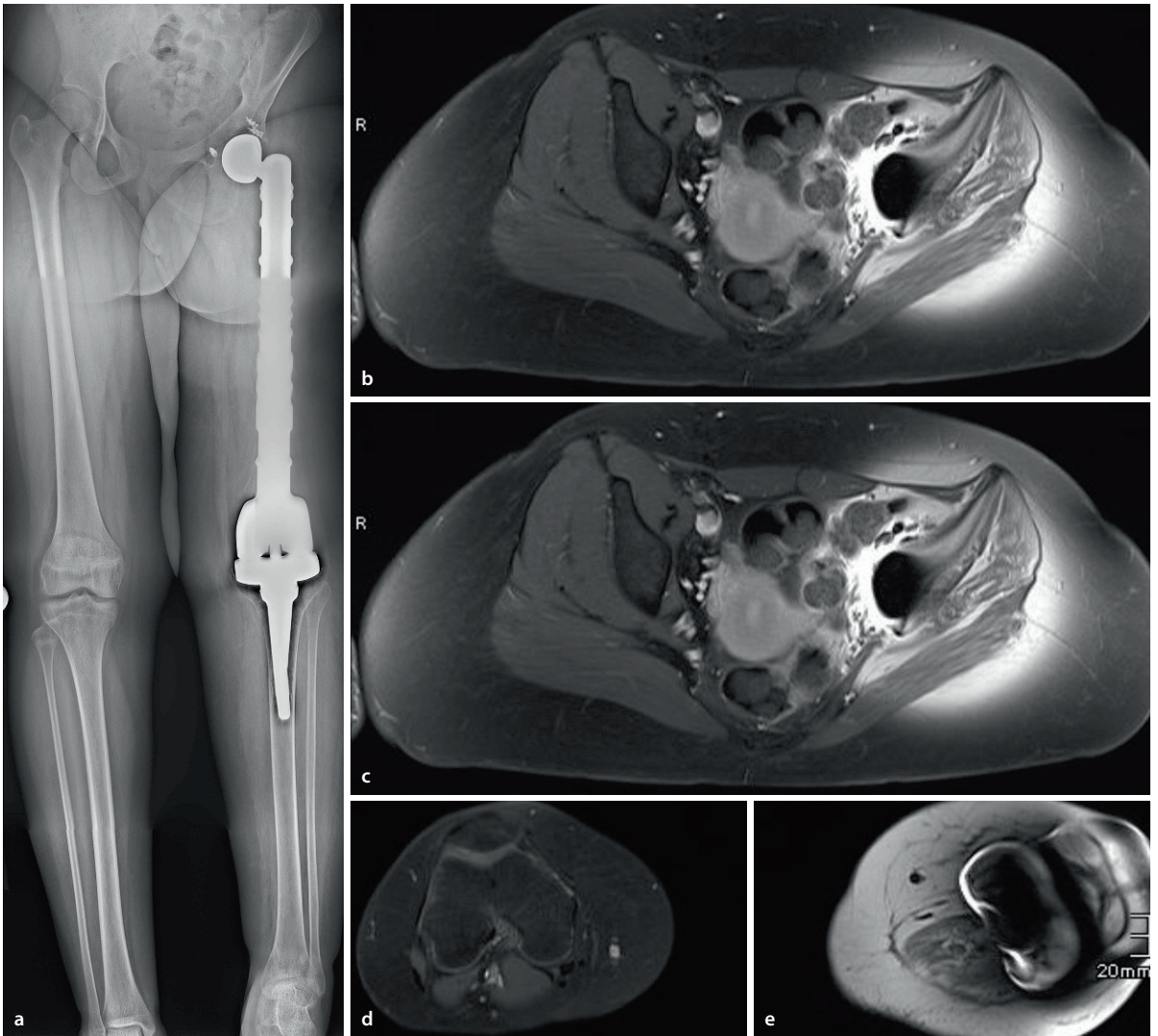
Suszeptibilitätsartefakte können verringert werden durch:

- Einsatz von SE- und FSE-Sequenzen,
- Verzicht auf GRE-Sequenzen,
- STIR-Sequenzen statt Fettsättigung,
- Ausrichtung der Längsachse des Implantats entlang der Hauptrichtung des Magnetfelds,
- Tauschen von Phasen- und Frequenzrichtung.

### Induktion von elektrischen Strömen

Hochfrequenzimpulse des MRT können elektrische Ströme induzieren. Metallische Bestandteile von medizinischen Fremdkörpern können diese Ströme leiten und an ihrem Ende an das Gewebe weiterleiten. Dies kann z. B. bei Herzschrittmachern die Reaktionsschwelle des Gewebes an der Elektrode erhöhen. Die induzierten Ströme können auch selbst zu einer Stimulation und damit zu Herzrhythmusstörungen führen.

Durch die induzierten Störströme werden die Elektroden zudem teils erheblich erhitzt, was zum Gewebeeuntergang führen kann.



**■** Abb. 1.10a–e Deutliche Suszeptibilitätsartefakte um eine MUTARS-Prothese herum. Die Beurteilung der angrenzenden Strukturen wird hierdurch erschwert

## Hitzeentwicklung

Hochfrequenzimpulse des MRT können zu einer Erwärmung metallischer Fremdkörper führen. Betroffen sind v. a. metallische Fremdkörper außerhalb des Körpers, aber auch Implantate können sich erhitzen. An Stents, Sonden und Elektroden kann eine Erwärmung an den Enden auftreten. Bei Implantaten im Hirnparenchym kann das bereits bei geringem Temperaturanstieg zu Gewebeschäden führen. Bei Herzschrittmachersonden können Gewebeverbrennungen und Gefäßthrombosierungen auftreten.

Durch **externe Fremdkörper** sind Verbrennungen bis 3. Grades möglich. Daher sind *alle* metallischen Fremdkörper – auch Ringe, Ohringe und Piercings – vollständig vor dem Betreten des MRT zu entfernen. Kabel von Patientenüberwachungssystemen sind genauestens auf ihre MR-Zulassung zu prüfen und vom Patienten entfernt zu lagern.

Großflächige – v. a. frisch gestochene und ältere (>20 Jahre), von Laientätowierern oder im nichteuropäischen Ausland gestochene Tätowierungen mit dunklen Farben bzw. Tätowierungen – aber auch Permanent-Makeup – mit roten oder schwarzen Elementen können metallische Mikropartikel enthalten, die zu Metallartefakten bzw. sogar Verbrennungen führen können. Diese unerwarteten Folgen einer MRT sind allerdings als eher selten einzustufen. In Einzelfällen wurde darüber hinaus über Kribbelmissempfindungen berichtet.

! **Selten können Tattoos im MRT zu Verbrennungen führen (s. auch Übersicht)!**

### Risikofaktoren für Verbrennungen im MRT durch Tattoos

- Großflächige Tattoos
- Frisch gestochene (<6 Wochen) Tattoos
- Ältere (>20 Jahre) Tätowierungen
- Von Laientätowierern oder im nichteuropäischen Ausland gestochene Tätowierungen
- Dunkle Farben (rot, schwarz)

Vor einer MRT-Untersuchung sollten Patienten mit Tätowierungen daher über diese (seltene) Nebenwirkung aufgeklärt werden. Die Patienten sind anzuweisen, sich bei Schmerzen oder Brennen über den Alarmknopf zu melden. Die MRT ist dann abzubrechen. Erneute Untersuchungen sollten bei einer niedrigeren Feldstärke erfolgen.

## Wechselwirkung zwischen ferromagnetischen Materialien und dem Magnetfeld

Fremdkörper mit ferromagnetischen Anteilen werden durch das Magnetfeld des MRT angezogen. Metallische

Gegenstände können im MR-Raum zu gefährlichen Geschossen werden (Missile-Effekt). Das gilt auch für Gürtelschnallen, Kleingeld oder Metallschmuck des Personals, für Rollstühle oder gar Intensivbetten.

➤ **Vor Betreten des Untersuchungsraumes müssen alle metallischen Gegenstände entfernt werden, Patienten werden auf MR-kompatible Liegen umgelagert.**

Je nach Größe, Beschaffenheit und Verankerung des Fremdkörpers im Körper kann dieser bewegt werden, dislozieren oder erhitzt werden. Besondere Vorsicht ist bei **Magneten** geboten! Magnete sind im MRT erheblichen Kräften ausgesetzt, die zu starken Bewegungen, aber auch zur **Entmagnetisierung** des Magneten führen können.

! **Wichtig ist auch der Hinweis, dass elektronisch gespeicherte Daten oder Programme in elektrischen Geräten, aber auch auf Speicherkarten (auch EC-Karten, Kreditkarten) oder Speichersticks im Magnetfeld gelöscht werden können. Batterien können gestört oder entladen werden.**

## 1.3 Vorgehen bei Untersuchung von Patienten mit Implantaten im MRT

➤ **Bei jeder MR-Untersuchung von Patienten mit medizinischen Fremdkörpern ist die produktspezifischen MR-Tauglichkeit zu beachten. Insbesondere muss die MR-Kompatibilität des Fremdkörpers überprüft werden.**

Die Induktion von Strömen und die Hitzeentwicklung an elektrischen Leitungen bedingen, dass folgende implantierbare Medizinprodukte als **Kontraindikation für die Durchführung von MRT** gelten (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

- Tiefenhirnstimulatoren,
- Cochlea-Implantate, Mittelohrimplantate,
- alle Neurostimulatoren u. a.
  - Ganglienstimulation,
  - Okzipitalisstimulation,
  - Hypoglossusstimulation,
  - Vagusnervstimulation,
- »spinal cord stimulation« (SCS),
- Herzschrittmacher und Defibrillatoren,
- Medikamentenpumpen,
- Fremdkörper, die einen Magneten enthalten, wie die Befestigung von Epithesen.

**Kontraindiziert** sind auch MRT bei Patienten mit ferromagnetischen Metallsplintern oder Schussprojektilen in folgenden Lokalisationen:

- Hirn, Orbita,
- Gefäßnähe,
- Spinalkanal
- Lunge,
- Mediastinum,
- Herz,
- in oder nahe den Bauchorganen.

➤ **Vor einer MRT ist im Zweifelsfall ein Röntgenbild zur Lokalisationsbestimmung anzufertigen.**

Kritisch zu prüfen sind im Einzelfall:

- Herzklappenprothesen,
- Gefäßclips,
- Stents.

Unproblematisch und *meist* nach einer Einheilzeit von etwa 6 Wochen im MRT untersuchbar sind:

- moderne periphere Stents,
- OP-Clips am Darm,
- OP-Clips an peripheren Gefäßen,
- Endoprothesen,
- Osteosynthesen.

Das Feld der implantierbaren Medizinprodukte ist unüberschaubar geworden. Zudem existieren stets ältere neben neuen Modellen, und verschiedene Hersteller bieten zunehmend auch MR-kompatible Medizinprodukte an.

Aber Vorsicht! MRT-kompatibel heißt in den meisten Fällen nur *bedingt* MR-kompatibel! Es gibt leider keine Regel oder Liste, da im Regelfall nur die Hersteller der Fremdkörper die verwendeten Stoffe kennen und auch die genaue Zusammensetzung nicht preisgeben. Die Bedingungen sind im Einzelnen vor jeder Untersuchung von Patienten mit implantierten Medizinprodukten zu prüfen. Der Patient muss umfassend aufgeklärt und während der Untersuchung besonders überwacht werden.

❗ **MRT-kompatibel heißt in den meisten Fällen nur bedingt MR-kompatibel!**

Abschließend müssen wir daher leider festhalten, dass weder für den Untersucher noch für den Patienten eine absolute Sicherheit existiert.

Eine Hilfestellung bei der Entscheidung über die Möglichkeit einer MRT-Untersuchung ist der **Implantatpass**. Patienten mit implantierbaren Medizinprodukten sollten diesen bei sich tragen und vor der Untersuchung vorlegen.

### 1.3.1 Implantatpass

Seit dem 1.10.2015 haben Patienten mit implantierbaren Medizinprodukten nach § 10 der Medizinprodukte-Betreiberverordnung einen gesetzlichen Anspruch auf einen sog. **Implantatausweis/Implantatpass**, der in Papierform und elektronisch ausgegeben werden kann (**ePIC** = Electronic Patient Implant Card). Der Implantatpass enthält die in der Übersicht zusammengestellten Informationen.

#### Implantatpass

- Vor- und Zuname des Patienten
- Hersteller des Implantats
- Bezeichnung, Art und Typ des Implantats
- Seriennummer
- Datum der Implantation
- Name der verantwortlichen Einrichtung und der Person, die die Implantation durchgeführt hat

Diese Daten werden zusätzlich in der Einrichtung, in der die Implantation durchgeführt wurde, für eine Dauer von 20 Jahren so aufbewahrt, dass die Informationen binnen 3 Werktagen ermittelt werden können. Mit den Daten aus dem Implantatpass kann man nun die MRT-Tauglichkeit überprüfen.

### 1.3.2 Hilfreiche Internetseiten

Auf der **Referenzseite für die MRT-Tauglichkeit** von iatrogenen Fremdmaterialien kann die MRT-Tauglichkeit medizinischer Materialien geprüft werden: [www.mrisafety.com](http://www.mrisafety.com).

Auch Angaben bezüglich der Defibrillatorsysteme oder Eventrecorder können hier gefunden werden. Bei intrakraniellen Clips kann die folgende Webseite hilfreiche Informationen bieten: [clipfinder.klinikum.uni-muenchen.de](http://clipfinder.klinikum.uni-muenchen.de).

Sie wurde zwar seit Längerem nicht mehr aktualisiert, gibt aber einen sehr guten Überblick über die gängigen und insbesondere nicht MR-fähigen Clips. Eine Suchfunktion hilft bei der Eingrenzung, Röntgenaufnahmen zeigen das Clipdesign.

Für Medizinprodukte können die Informationen dem technischen Datenblatt der Hersteller entnommen werden. Viele Hersteller stellen diese Informationen auch im Internet zur Verfügung. Einige hilfreiche Adressen sind in einer weiteren Übersicht zusammengestellt.

### MRT-Tauglichkeit von Medizinprodukten im Internet

- Medtronic: [www.mrisurescan.com](http://www.mrisurescan.com)
- St. Jude medical: [www.sjm.de/Aerzte-amp-Fachpersonal](http://www.sjm.de/Aerzte-amp-Fachpersonal)
- Boston Scientific: [www.bostonscientific.com/imageready](http://www.bostonscientific.com/imageready)
- Cochlear (implantierbare Hörlösungen): [www.cochlear.com](http://www.cochlear.com)
- Terumo: <http://www.terumo-europe.com/en-emea/product-az>

## Literatur

---

### Weiterführende Informationen

- Alkadhi H, Leschka S, Stolzmann P, Scheffel H (Hrsg) (2011) Wie funktioniert CT? Springer, Berlin Heidelberg New York
- Verordnung über das Errichten, Betreiben und Anwenden von Medizinprodukten (Medizinprodukte-Betreiberverordnung MPBetreibV) <https://www.gesetze-im-internet.de/mpbetreibv/>
- Weishaupt D, Köchli VD, Marincek B (2014) Wie funktioniert MRI? 7. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York

### Internet

- <http://www.bostonscientific.com/imageready>
- <http://www.cochlear.com>
- <http://www.mrisurescan.com>
- <http://www.n-tv.de/wissen/frageantwort/Kein-MRT-wegen-Taetowierungen-article7306221.html>
- <http://www.sjm.de/Aerzte-amp-Fachpersonal>
- <http://www.terumo-europe.com/en-emea/product-az>
- <https://www.gesetze-im-internet.de/mpbetreibv/> (Verordnung über das Errichten, Betreiben und Anwenden von Medizinprodukten (Medizinprodukte-Betreiberverordnung MPBetreibV))

# Kopf

- Kapitel 2**     **Iatrogenes Fremdmaterial in der kranialen Bildgebung** – 17  
*K. Efinger, U.M. Mauer, D. Kildal*
- Kapitel 3**     **Auge und Orbita** – 129  
*L. Krause, K. Stock, D. Kildal*
- Kapitel 4**     **Ohr** – 153  
*C. Reinhardt, D. Kildal, K. Efinger*
- Kapitel 5**     **Fremdkörper in der zahnmedizinischen Bildgebung** – 179  
*M. A. Geibel, K. Beckert, F. Reinhardt, D. Kildal*