

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Spins und das Magnetresonanz-Phänomen</b> .....	<b>1</b>
	<i>Dominik Weishaupt</i>	
<b>2</b>	<b>Relaxation</b> .....	<b>7</b>
	<i>Dominik Weishaupt</i>	
2.1	<b>T1: Longitudinale Relaxation</b> .....	<b>8</b>
2.2	<b>T2/T2*: Transversale Relaxation</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Bildkontrast</b> .....	<b>11</b>
	<i>Dominik Weishaupt</i>	
3.1	<b>Repetitionszeit und T1-Gewichtung</b> .....	<b>12</b>
3.2	<b>Echozeit und T2-Gewichtung</b> .....	<b>13</b>
3.3	<b>Sättigung bei kurzer Repetitionszeit</b> .....	<b>16</b>
3.4	<b>Pulswinkel</b> .....	<b>16</b>
3.5	<b>Vorsättigung</b> .....	<b>17</b>
3.6	<b>Magnetisierungstransfer</b> .....	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>Schichtwahl und Ortskodierung</b> .....	<b>21</b>
	<i>Dominik Weishaupt</i>	
4.1	<b>Schichtwahl</b> .....	<b>22</b>
4.1.1	<b>Phasenkodierung</b> .....	<b>23</b>
4.1.2	<b>Frequenzkodierung</b> .....	<b>23</b>
4.2	<b>Dreidimensionale Ortskodierung</b> .....	<b>26</b>
4.3	<b>K-Raum</b> .....	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>Determinanten des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses</b> .....	<b>29</b>
	<i>Dominik Weishaupt</i>	
5.1	<b>Pixel, Voxel, Matrix</b> .....	<b>30</b>
5.2	<b>Schichtdicke und Bandbreite</b> .....	<b>30</b>
5.3	<b>Field of view und Matrix</b> .....	<b>32</b>
5.4	<b>Anzahl der Messungen</b> .....	<b>35</b>
5.5	<b>Bildparameter</b> .....	<b>36</b>
5.6	<b>Magnetfeldstärke</b> .....	<b>36</b>
5.7	<b>Spulen</b> .....	<b>36</b>
5.7.1	<b>Volumenspulen</b> .....	<b>37</b>
5.7.2	<b>Oberflächenspulen</b> .....	<b>37</b>
5.7.3	<b>Intrakavitäre Spulen</b> .....	<b>37</b>
5.7.4	<b>Phased-Array-Spulen</b> .....	<b>37</b>
5.8	<b>Mehrkanalspulenteknologie</b> .....	<b>38</b>
5.9	<b>Parallele Bildgebung</b> .....	<b>39</b>

<b>6</b>	<b>Aufbau eines MR-Tomographen</b> .....	<b>41</b>
	<i>Dominik Weishaupt</i>	
6.1	<b>Magnet</b> .....	<b>42</b>
6.2	<b>Gradientensystem und Gradientenspulen</b> .....	<b>44</b>
6.3	<b>Hochfrequenzsystem</b> .....	<b>44</b>
6.4	<b>Computer</b> .....	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>Basis-Pulssequenzen</b> .....	<b>47</b>
	<i>Dominik Weishaupt</i>	
7.1	<b>Spinechosequenz</b> .....	<b>48</b>
7.2	<b>Outflow-Effekt</b> .....	<b>49</b>
7.3	<b>Mehrschichtaufnahme</b> .....	<b>50</b>
7.4	<b>Inversion-Recovery-Sequenz</b> .....	<b>50</b>
7.5	<b>STIR-Sequenz</b> .....	<b>51</b>
7.6	<b>FLAIR-Sequenz</b> .....	<b>52</b>
7.7	<b>Gradientenechosequenz</b> .....	<b>52</b>
7.8	<b>Multiechosequenzen</b> .....	<b>54</b>
<b>8</b>	<b>Schnelle Pulssequenzen</b> .....	<b>55</b>
	<i>Dominik Weishaupt</i>	
8.1	<b>Schnelle oder Turbo-Spinechosequenzen</b> .....	<b>56</b>
8.2	<b>Single-Shot-Fast-Spinechosequenz</b> .....	<b>57</b>
8.3	<b>Schnelle oder Turbo-Inversion-Recovery-Sequenzen</b> .....	<b>58</b>
8.4	<b>Schnelle Gradientenechosequenzen</b> .....	<b>58</b>
8.5	<b>Echoplanarsequenz</b> .....	<b>59</b>
8.6	<b>Hybridsequenz</b> .....	<b>60</b>
8.6.1	<b>Gradienten-und-Spinechosequenz</b> .....	<b>60</b>
8.6.2	<b>Spiralsequenz</b> .....	<b>60</b>
8.7	<b>Echozeit und T2-Kontrast in schnellen Sequenzen</b> .....	<b>61</b>
8.8	<b>Propellertechnik</b> .....	<b>61</b>
8.9	<b>Suszeptibilitätsgewichtete Bildgebung</b> .....	<b>61</b>
<b>9</b>	<b>Techniken zur Fettsuppression</b> .....	<b>63</b>
	<i>Dominik Weishaupt</i>	
9.1	<b>Frequenzelektive Fettsuppression</b> .....	<b>64</b>
9.2	<b>Nutzen der chemischen Verschiebung zwischen Wasser und Fett</b> .....	<b>64</b>
9.3	<b>Short-Time-Inversion-Recovery-Sequenzen</b> .....	<b>66</b>
9.4	<b>Spectral-Presaturation-with-Inversion-Recovery-Sequenz</b> .....	<b>67</b>
<b>10</b>	<b>Parallele Bildgebung</b> .....	<b>69</b>
	<i>Klaas Prüssmann</i>	
10.1	<b>Hintergrund</b> .....	<b>70</b>
10.2	<b>Prinzip der parallelen Bildgebung</b> .....	<b>70</b>
10.3	<b>Besondere Anforderungen</b> .....	<b>71</b>
10.4	<b>Anwendungsbereich</b> .....	<b>72</b>

<b>11</b>	<b>Kardiovaskuläre Bildgebung</b> .....	<b>75</b>
	<i>Daniel Nanz</i>	
11.1	<b>Angiographie</b> .....	<b>76</b>
11.1.1	Blutdarstellung mit positivem Kontrast .....	<b>76</b>
11.1.2	Time-of-Flight-Angiographie .....	<b>77</b>
11.1.3	Phasenkontrastangiographie .....	<b>79</b>
11.1.4	Volumeneinstromangiographie .....	<b>82</b>
11.1.5	Herzphasendifferenz-Angiographie .....	<b>83</b>
11.1.6	Kontrastmittelunterstützte MR-Angiographie .....	<b>84</b>
11.1.7	Zeitaufgelöste MR-Angiographie .....	<b>87</b>
11.1.8	Blutdarstellung mit negativem Kontrast .....	<b>88</b>
11.2	<b>Perfusionsbildgebung</b> .....	<b>90</b>
11.3	<b>BOLD-Effekt in der funktionellen Hirnbildgebung</b> .....	<b>92</b>
11.4	<b>Bildgebung am Herzen</b> .....	<b>93</b>
11.4.1	Steady-State-Free-Precession-Sequenzen .....	<b>94</b>
11.4.2	Myokardperfusionsbildgebung .....	<b>95</b>
11.4.3	Späte Signalverstärkung .....	<b>96</b>
11.4.4	Nachweis pathologisch hoher Eisenkonzentrationen im Herzmuskel .....	<b>97</b>
<b>12</b>	<b>Diffusionsbildgebung</b> .....	<b>99</b>
	<i>Daniel Nanz</i>	
12.1	<b>Wasserselbstdiffusion</b> .....	<b>100</b>
12.2	<b>Diffusionsmessung</b> .....	<b>101</b>
12.3	<b>Diffusionstensor-Bildgebung</b> .....	<b>103</b>
<b>13</b>	<b>Bildgebung jenseits von Morphologie und Struktur</b> .....	<b>105</b>
	<i>Dominik Weishaupt und Daniel Nanz</i>	
<b>14</b>	<b>MR-Kontrastmittel</b> .....	<b>109</b>
	<i>Johannes M. Fröhlich</i>	
14.1	<b>Wirkungsweise</b> .....	<b>110</b>
14.1.1	Verkürzung der T1- und T2-Relaxationszeiten .....	<b>110</b>
14.1.2	Beschleunigung der Dephasierung durch lokale Feldinhomogenitäten .....	<b>114</b>
14.1.3	Beeinflussung der Spin- oder Protonendichte .....	<b>114</b>
14.1.4	Verschieben der Resonanzfrequenz .....	<b>114</b>
14.2	<b>Chemische Struktur/Komplexchemie</b> .....	<b>115</b>
14.2.1	Pharmakokinetik .....	<b>115</b>
14.2.2	Thermodynamische Stabilität .....	<b>117</b>
14.3	<b>Relaxivität und Dosis-Wirkungs-Beziehung</b> .....	<b>121</b>
14.4	<b>Pharmakologische Eigenschaften extrazellulärer Kontrastmittel</b> .....	<b>124</b>
14.4.1	Übersicht und Indikation .....	<b>124</b>
14.4.2	Pharmakokinetik .....	<b>125</b>
14.4.3	Verträglichkeit und Vorsichtsmaßnahmen .....	<b>126</b>
14.4.4	Praktischer Einsatz .....	<b>128</b>

<b>14.5</b>	<b>Leberspezifische Kontrastmittel</b> .....	<b>130</b>
14.5.1	Hepatobiliäre Kontrastmittel .....	130
14.5.2	RES-spezifische Kontrastmittel.....	132
<b>14.6</b>	<b>Intravaskuläre oder Blood-Pool-Kontrastmittel</b> .....	<b>133</b>
14.6.1	Gadofosveset als albuminbindendes Gefäßkontrastmittel.....	134
14.6.2	Eisenoxidnanopartikel als Gefäßkontrastmittel .....	134
<b>14.7</b>	<b>MR-Arthrographie mit extrazellulären Gadoliniumkomplexen</b> .....	<b>135</b>
<b>14.8</b>	<b>Magen-Darm-Kontrastierung</b> .....	<b>136</b>
<b>14.9</b>	<b>Weitere MR-Kontrastmittel und Kontrastierungskonzepte</b> .....	<b>137</b>
14.9.1	Kontrastmittel zur Darstellung des Lymphsystems .....	138
14.9.2	Tumorspezifische Kontrastmittel.....	138
14.9.3	Weitere gewebespezifische Kontrastmittel im Entwicklungsstadium.....	138
14.9.4	Hyperpolarisierte Gase.....	139
<b>15</b>	<b>Artefakte im MR-Bild</b> .....	<b>141</b>
	<i>Dominik Weishaupt</i>	
15.1	<b>Bewegungs- und Flussartefakte</b> .....	142
15.1.1	Atem-, Herzbewegungs- und durch Darmperistaltik verursachte Artefakte .....	142
15.1.2	Flussartefakte .....	143
15.2	<b>Phase wrapping</b> .....	143
15.3	<b>Chemische Verschiebung</b> .....	144
15.3.1	Verschiebung des Signals von Fett und Wasser bzw. von Silikon und Wasser.....	145
15.3.2	Signalauslöschung an Grenzflächen zwischen Fett und Wasser .....	146
15.4	<b>Suszeptibilität</b> .....	146
15.5	<b>Trunkationsartefakt</b> .....	147
15.6	<b>Magic angle</b> .....	147
15.7	<b>Eddy currents</b> .....	147
15.8	<b>Partialvolumeneffekt</b> .....	147
15.9	<b>Inhomogene Fettsuppression</b> .....	148
15.10	<b>Linienartefakte und Radiofrequenzstörung</b> .....	148
15.11	<b>Criss-Cross-, Herring-Bone-Artefakte und Datenfehler</b> .....	148
15.12	<b>Dielektrische Effekte</b> .....	148
<b>16</b>	<b>Hochfeld-MRI</b> .....	<b>149</b>
	<i>Dominik Weishaupt</i>	
16.1	<b>Gewebekontrast</b> .....	150
16.2	<b>Suszeptibilität</b> .....	151
16.3	<b>Chemische Verschiebung</b> .....	151
16.4	<b>Hochfrequenzabsorption</b> .....	151
16.5	<b>Dielektrische Effekte</b> .....	152
16.6	<b>Klinische Bildgebung</b> .....	152
<b>17</b>	<b>Sicherheit und Risiken</b> .....	<b>155</b>
	<i>Dominik Weishaupt</i>	
17.1	<b>Biologische Effekte</b> .....	156
17.2	<b>Patientensicherheit</b> .....	157

17.2.1	Verbrennungen bei MR-Untersuchungen .....	158
17.2.2	Ferromagnetische Gegenstände und Fremdkörper .....	158
17.2.3	Körperschmuck und Tätowierungen .....	159
17.2.4	Implantate, Prothesen und andere medizinische Fremdkörper.....	159
17.2.5	MR-Kontrastmittel .....	160
17.2.6	Schwangerschaft .....	160
17.2.7	Klaustrophobie .....	161
	<b> Serviceteil .....</b>	<b>163</b>
	<b> Glossar .....</b>	<b>164</b>
	<b> Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>174</b>