



Diane Haake (Autor)

# Evaluation der Magnetresonanztomographie zur longitudinalen Untersuchung degradierbarer Magnesiumimplantate *in vivo*



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/7378>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



# Inhaltsverzeichnis

<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>LITERATURÜBERSICHT.....</b>	<b>3</b>
AUFBAU DES KNOCHENS .....	3
OS FEMORIS.....	3
ZELLEN DES KNOCHENS .....	4
BIOMECHANIK DES KNOCHENS .....	5
REMODELING .....	6
KNOCHENREGENERATION .....	6
OSTEOGENESE.....	7
DIE RATTE ALS TIERMODEL .....	7
UNTERSUCHUNGSMETHODEN DES KNOCHENREMODELINGS.....	8
COMPUTERTOMOGRAPHIE .....	8
<i>Physikalische Grundlagen.....</i>	8
<i>Mikro-Computertomographie .....</i>	9
<i>In vivo <math>\mu</math>-Computertomographie.....</i>	9
MAGNETRESONANZTOMOGRAPHIE.....	10
<i>Historie.....</i>	10
<i>Technische Grundlagen.....</i>	11
<i>Physikalische Grundlagen.....</i>	12
<i>Bildkontrast .....</i>	15
<i>Apparative Parameter .....</i>	16
<i>Ortskodierung.....</i>	17
<i>Diffusions Tensor .....</i>	18
<i>Suszeptibilitätsartefakte .....</i>	20
<i>In vivo Magnetresonanztomographie.....</i>	21
HISTOMORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN .....	22
<i>Probenaufbereitung für die histologische Untersuchung .....</i>	22
IMPLANTATE .....	22
<i>Knochenimplantate.....</i>	22
<i>Reaktionen auf das Einbringen intramedullärer Implantate .....</i>	23
KLINISCH VERWENDETE IMPLANTATMATERIALIEN .....	24
<i>A: Nicht resorbierbare Implantatmaterialien .....</i>	24
<i>Polymere – PEEK.....</i>	25
<i>Biokeramik .....</i>	27
<i>Nachteile nicht resorbierbarer Implantatmaterialien.....</i>	27
<i>B: Resorbierbare Implantatmaterialien .....</i>	28
<i>Anforderungen an resorbierbare Implantatmaterialien .....</i>	28
<i>Resorbierbare Polymere .....</i>	29
<i>Eisen und Zink.....</i>	30
IMPLANTATE AUF MAGNESIUMBASIS .....	30
<i>Magnesium .....</i>	30
<i>Magnesium im Knochen.....</i>	32



<i>Korrosion von Magnesium</i> .....	32
<i>Historie der Entwicklung Magnesium basierter Implantatmaterialien</i> .....	35
<i>Überblick über die bisher untersuchten Magnesiumlegierungen</i> .....	37
GADOLINIUM .....	43
STELLUNG IM PERIODENSYSTEM, HISTORIE .....	43
<i>Vorkommen und Eigenschaften</i> .....	44
<i>Verwendung seltener Erden</i> .....	44
<i>Verwendung in der Humanmedizin</i> .....	45
GADOLINIUM IN DER DIAGNOSTISCHEN BILDGEBUNG .....	45
<i>Toxizität</i> .....	46
<i>Gadolinium als Legierung</i> .....	47
<b>FRAGESTELLUNG</b> .....	<b>48</b>
<b>EIGENE UNTERSUCHUNGEN</b> .....	<b>48</b>
TIERE .....	48
HALTUNG IM EXPERIMENT .....	48
VERSUCHSAUFBAU .....	48
IMPLANTATE .....	49
<i>In-vitro Test</i> .....	50
<i>Reinigung und Sterilisation der Implantate</i> .....	50
OPERATION .....	51
<i>Präoperative Maßnahmen</i> .....	51
<i>Durchführung</i> .....	51
<i>Postoperative Maßnahmen</i> .....	53
<i>Klinisches Scoring</i> .....	53
<i>In vivo Magnetresonanztomographie</i> .....	54
VORBEREITUNG DER TIERE FÜR DIE UNTERSUCHUNG IM MRT .....	55
AUSWERTUNG DER ANATOMISCHEN MRT-SEQUENZEN .....	59
<i>Auswertung der Volumenberechnung</i> .....	59
<i>Auswertung der Signalintensitäten im magnetresonanztomografischen Bild</i> .....	61
<i>Auswertung der diffusionsgewichteten Sequenzen</i> .....	62
<i>Aufbau des Inveon™ Multimodality Scanners</i> .....	63
DURCHFÜHRUNG DER $\mu$ -CT-UNTERSUCHUNG .....	63
<i>Scanparameter <math>\mu</math>-CT</i> .....	66
<i>CT Scan Setup</i> .....	66
<i>Röntgenmatrix</i> .....	66
<i>Field of view</i> .....	66
<i>Röntgenröhre</i> .....	66
<i>Auswertung der CT-Scans</i> .....	66
HISTOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN .....	66
<i>Euthanasie und Sektion</i> .....	66
<i>Probenvorbereitung für die Histologie</i> .....	66
<i>Entwässerung und Einbettung des distalen Femurs</i> .....	67
<i>Schneiden der in Technovit 9100 New® eingebetten distalen Femura</i> .....	68
<i>Entwässerung und Einbettung des proximalen Femurs in Paraffin</i> .....	68



HISTOLOGISCHE FÄRBUNGEN .....	68
<i>Entplasten und Rehydratation der Schnitte</i> .....	68
<i>Von Kossa Safranin-Orange Färbung</i> .....	69
<i>Toluidinblau-Färbung</i> .....	69
<i>Hämatoxilin-Eosin Färbung</i> .....	69
<i>Siriusrotfärbung</i> .....	69
AUSWERTUNG DER HISTOLOGISCHEN PROBEN .....	69
STATISTISCHE AUSWERTUNG .....	71
<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>72</b>
OPERATION UND POSTOPERATIVER BEOBACHTUNGSZEITRAUM .....	72
MAGNETRESONANZTOMOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNG .....	75
<i>Vermessung des Implantatvolumens</i> .....	75
<i>Darstellung des Implantates unter Verwendung einer Oberflächenspule</i> .....	77
<i>Auswertung der Signalintensitäten</i> .....	78
<i>Auswertung der apparent diffusion coefficient-Werte</i> .....	81
VERMESSUNG DES IMPLANTATVOLUMENS MITTELS $\mu$ -COMPUTERTOMOGRAPHIE .....	84
HISTOLOGISCHE UNTERSUCHUNG .....	90
<i>PEEK</i> .....	90
<i>Reines Magnesium</i> .....	94
<i>Mg 5%Gd</i> .....	97
<i>Leerbohrung</i> .....	100
<i>Histologische Untersuchung der Tiere aus der <math>\mu</math>-Computertomographie Studie</i> .....	102
<i>Semiquantitatives Scoring</i> .....	103
<i>Histologische Quantifizierung des Gasvolumens</i> .....	105
<b>DISKUSSION .....</b>	<b>107</b>
AUSWERTUNG DER VOLUMENBERECHNUNG MITTELS MRT.....	107
AUSWERTUNG DER SIGNALINTENSITÄTEN IM MAGNETRESONANZTOMOGRAPHISCHEN BILD .....	110
AUSWERTUNG DES DIFFUSIONSTENSORS.....	112
AUSWERTUNG DER VOLUMENBERECHNUNG MITTELS $\mu$ -CT .....	114
BEURTEILUNG DER BIOKOMPATIBILITÄT.....	117
AUSWERTUNG DER HISTOLOGISCHEN UNTERSUCHUNG.....	119
AUSWERTUNG DES GASVOLUMENS ANHAND HISTOLOGISCHER SCHNITTPRÄPARATE.....	122
BEURTEILUNG TOXIZITÄT .....	123
BEWERTUNG DER LEGIERUNG MG5%GD .....	124
BEWERTUNG DES TIERMODELLS .....	125
VERGLEICH DER VERWENDETEN METHODEN UND AUSBLICK .....	127
<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>130</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>134</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>137</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>155</b>



<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>160</b>
<b>ANHANG .....</b>	<b>161</b>
<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>166</b>
<b>ERKLÄRUNG .....</b>	<b>169</b>