

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	xiii
Symbolverzeichnis	xv
1. Einleitung	1
2. Theoretischer Hintergrund	5
2.1. Magnetismus	5
2.1.1. Grundlegende Arten von Magnetismus	5
2.1.2. Magnetismus in Materie	7
2.1.3. Magnetische Anisotropie	12
2.1.4. Superparamagnetismus	14
2.1.5. Interpartikuläre Wechselwirkungen	18
2.2. Kolloidale magnetische Nanopartikel	21
2.2.1. Chemische Synthese von Magnetit-Nanopartikeln	21
2.2.2. Kolloidale Eigenschaften dispergierter magnetischer Nanopartikel	22
2.3. Anwendungen magnetischer Nanopartikel	24
2.3.1. Antwortverhalten magnetischer Nanopartikel auf magnetische Wechsel- felder	24
2.3.2. Physikalische Grundlagen der magnetischen Hyperthermie	27
2.3.3. Physikalische Grundlagen der Magnetpartikelbildgebung	30
2.3.4. Physikalische Grundlagen der Magnetresonanztomografie	36
2.4. Übertragungsmechanismen von Wärme	41
2.4.1. Wärmetransport	41
2.4.2. Biowärmetransport	42
2.5. Stenosierende Hohlorgan-Tumore	43
2.5.1. Implantation von Stents in stenosierende Hohlorgan-Tumore	43
2.5.2. Lokale Hyperthermie-Behandlung vermittelt durch einen aufheizbaren Hybridstent	44
2.6. Stand der Forschung zur Entwicklung aufheizbarer Implantate	45
2.6.1. Implantate aus Metall	46
2.6.2. Nanokomposit-Implantate mit eingebetteten magnetischen Nanopartikeln	47
2.6.3. Zusammenfassende Bemerkungen	49
3. Entwicklung von magnetischen Hybridstents	51
3.1. Herstellung von Magnetit-Nanopartikel	51
3.2. Herstellung von Hybridcompounds, Hybridfasern und Hybridstents	54
3.3. Synthese von magnetischen Hydrogelen als Modellsysteme	56
3.4. Übersicht über die verwendeten Nanopartikel und Polymer-Nanopartikel-Hybride	59

4. Methoden zur Charakterisierung der physikochemischen und biologischen Eigenschaften	61
4.1. Bestimmung der Eisen-/ Nanopartikel-Konzentration und thermische Analyse	61
4.1.1. Photometrische Absorption (PA)	61
4.1.2. Gravimetrie (GM)	63
4.1.3. Thermogravimetrische Analyse (TGA)	64
4.1.4. Dynamische Differenzkalorimetrie (DDK)	65
4.2. Größen- und Strukturanalyse	66
4.2.1. Dynamische Lichtstreuung (DLS)	66
4.2.2. Zeta-Potential	68
4.2.3. Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)	69
4.2.4. Lichtmikroskopie	71
4.2.5. Röntgendiffraktometrie (XRD)	72
4.3. Statische und dynamische magnetische Messungen	75
4.3.1. Supraleitende Quanteninterferenzeinheit (SQUID)-Magnetometrie	75
4.3.2. Magnetpartikel-Spektroskopie (MPS)	80
4.3.3. AC-Suszeptibilität-Spektroskopie (ACS)	81
5. Methoden zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit für den medizinischen Einsatz	83
5.1. Magnetfluidhyperthermie (MFH)	83
5.2. Magnetpartikelbildunggebung (MPI)	90
5.2.1. Bildrekonstruktion im Frequenzraum	90
5.2.2. Bildrekonstruktion im Zeitraum	91
5.3. Magnetresonanztomografie (MRT)	93
6. Eigenschaften der magnetischen Nanopartikel und Hybridstents	97
6.1. Physikochemische Eigenschaften	97
6.1.1. Konzentrationen	97
6.1.2. Thermische Analyse	99
6.1.3. Größenverteilungen, Morphologie und Kristallstruktur von magnetischen Nanopartikeln	103
6.1.4. Durchmesser und Oberflächenbeschaffenheit der Hybridfasern	114
6.2. Magnetische Eigenschaften der magnetischen Nanopartikel und Hybridfasern	116
6.2.1. Statische $M(H)$ -Abhängigkeit	116
6.2.2. Temperaturabhängige Magnetisierung	123
6.2.3. Frequenzabhängigkeiten	128
6.3. Mechanische und biologische Eigenschaften der Hybridfasern und Hybridstents	133
6.3.1. E-Modul und Bruchdehnung der Hybridfasern	133
6.3.2. Radialkräfte der Hybridstents	133
6.3.3. Zytotoxizität der Hybridfasern	134
6.4. Zusammenfassende Bemerkungen	134

7. Aufheizverhalten der magnetischen Nanopartikel und Hybridstents im magnetischen Wechselfeld	137
7.1. Einfluss von verschiedenen magnetischen Nanopartikel Sorten auf die Aufheizleistung	137
7.1.1. Spezifisches Aufheizverhalten der magnetischen Nanopartikel	137
7.1.2. Änderungen des Relaxationsverhaltens infolge der MNP-Immobilisierung	140
7.2. Bestimmung der Einflussfaktoren für eine kontrollierte Aufheizung	143
7.2.1. Abhängigkeit der Aufheizleistung von der Partikelkonzentration	143
7.2.2. Abhängigkeit der Aufheizleistung vom magnetischen Wechselfeld	146
7.2.3. Zusammenfassende Bemerkungen	150
7.3. Wärmedissipation der Hybridstents in die Umgebung	153
7.3.1. Temperaturprofil der Hybridstents	153
7.3.2. Wärmeverteilung in die Umgebung	155
7.3.3. Biologische Effekte von Wärme auf Zellen	161
8. MPI- und MRT-Bildgebung der magnetischen Nanopartikel und Hybridstents	163
8.1. Magnetpartikelbildung	163
8.1.1. Bildrekonstruktion im Frequenzraum	163
8.1.2. Bildrekonstruktion im Zeitraum	169
8.2. Magnetresonanztomografie	172
8.3. Zusammenfassende Bemerkungen	176
9. Zusammenfassung und Ausblick	177
9.1. Zusammenfassung	177
9.2. Ausblick	179
A. Anhang	181
A.1. Anhang zu Kapitel 5	181
A.1.1. Partikel- und Eisenkonzentrationen	181
A.1.2. Thermoanalytik	182
A.1.3. Kristallstrukturanalyse	183
A.1.4. Agglomeratgrößen	185
A.1.5. Zugversuche an Hybridfasern	186
A.1.6. Radialkraft der Hybridstents	188
A.1.7. Expansions- und Hyperthermie-Versuche von Hybridstents in nativem Schweinegewebe	194
A.1.8. Zytotoxizitätstest	196
A.2. Anhang zu Kapitel 6	198
A.2.1. Abhängigkeit der Aufheizleistung von der MNP-Konzentration	198
A.2.2. Relative SLP-Differenzen	199
A.2.3. Temperaturprofil einer Hybridfaser	200
A.2.4. Temperaturprofil von der Oberfläche eines Gallengangstents	200

A.2.5. Wärmeverteilung von Tracheastents	201
A.3. Anhang zu Kapitel 7	203
A.3.1. Frequenzspektren mit und ohne eingebauter MircoCoil	203
A.3.2. Frequenzspektren von langer und kurzer Systemmatrix	203
Abbildungsverzeichnis	205
Tabellenverzeichnis	211
Literaturverzeichnis	213
B. Danksagung	251
C. Eidesstattliche Erklärung	255