

---

## Inhaltsverzeichnis

---

<b>Danksagung</b>	<b>III</b>
<b>Kurzfassung</b>	<b>V</b>
<b>Abstract</b>	<b>VII</b>
<b>Statement der Autorin</b>	<b>IX</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>XI</b>
<b>Symbolverzeichnis</b>	<b>XIII</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	1
1.2 Entwicklung neuer Therapieformen: Drug Delivery Systeme (DDS) . . . . .	2
1.2.1 Passive und aktive Drug Targeting Verfahren . . . . .	3
1.2.2 Magnetic Drug Targeting (MDT) . . . . .	4
1.3 Herausforderungen und offene Fragestellungen in der Partikelsteuerung . . . . .	6
1.4 Aufbau der Arbeit . . . . .	6
<b>2 Stand der Technik zu Magnetic Drug Targeting (MDT)</b>	<b>7</b>
2.1 Entwicklung magnetischer Nanopartikel . . . . .	8
2.1.1 Herausforderungen und Rahmenbedingungen . . . . .	8
2.1.2 Stand der Technik . . . . .	9
2.1.3 Klassifizierung magnetischer Materialien . . . . .	10
2.1.4 Verwendete Partikelart: Superparamagnetische Eisenoxidnanopartikel (SPIONs) . . . . .	14
2.2 Überblick über aktuelle Behandlungsmethoden und klinische Studien . . . . .	15
2.2.1 Herausforderungen und Rahmenbedingungen . . . . .	16
2.2.2 Stand der Technik . . . . .	16
2.3 Steuerung magnetischer Nanopartikel . . . . .	18
2.3.1 Steuerungsszenarien magnetischer Nanopartikel in MDT . . . . .	18
2.3.2 Herausforderungen und Rahmenbedingungen . . . . .	20
2.3.3 Grundlagen zur Partikelsteuerung . . . . .	22
2.3.4 Stand der Technik . . . . .	27
2.3.5 Diskussion zum Stand der Technik . . . . .	34
2.4 Modellierung magnetischer Nanopartikel in einem MDT Szenario . . . . .	42
2.4.1 Modellierungsansätze zur Beschreibung von SPIONs . . . . .	42

2.4.2	Herausforderungen und Rahmenbedingungen . . . . .	44
2.4.3	Stand der Technik . . . . .	44
2.4.4	Diskussion zum Stand der Technik . . . . .	46
<b>3</b>	<b>Zielsetzung der Arbeit</b>	<b>53</b>
<b>4</b>	<b>Angewandte Forschungsstrategien und verwendete Methoden</b>	<b>55</b>
4.1	Verwendete Nanopartikel . . . . .	56
4.2	Partikelsteuerung . . . . .	56
4.2.1	Lineares Halbach Array . . . . .	57
4.2.2	Hybrides Halbach Array . . . . .	61
4.2.3	Generierung abstoßender magnetischer Kräfte . . . . .	68
4.3	Modellierung magnetischer Nanopartikel . . . . .	71
4.3.1	Charakteristische Kennzahlen der Strömungsmechanik . . . . .	71
4.3.2	Vergleich des partikelbasierten und konzentrationsbasierten Modellierungsansatzes . . . . .	72
<b>5</b>	<b>Ergebnisse und deren Diskussion</b>	<b>81</b>
5.1	Auswertung der Partikelsteuerung . . . . .	81
5.1.1	Lineares Halbach Array . . . . .	81
5.1.2	Hybrides Halbach Array . . . . .	87
5.1.3	Generierung abstoßender magnetischer Kräfte . . . . .	99
5.1.4	Realisierbarkeit und Limitationen der Steuerungssysteme . . . . .	101
5.2	Auswertung der Modellierung magnetischer Nanopartikel . . . . .	102
5.2.1	Qualitativer Vergleich von Simulationen und Messungen . . . . .	102
5.2.2	Evaluation des Sensors zur Bestimmung der Suszeptibilität . . . . .	103
5.2.3	Vergleich der Modellierungsansätze . . . . .	104
5.2.4	Limitationen und offene Forschungsfragen in der MDT-Modellierung . . . . .	113
5.3	Zusammenfassung der Beiträge zur Partikelsteuerung in MDT . . . . .	114
5.4	Zusammenfassung der Beiträge zur Modellierung von SPIONs in MDT . . . . .	119
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>121</b>
6.1	Schwächen im Stand der Technik . . . . .	121
6.2	Zusammenfassung der Beiträge . . . . .	121
6.3	Limitationen . . . . .	124
6.4	Ausblick . . . . .	125
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>127</b>
	<b>Tabellen und Abbildungen</b>	<b>157</b>
	<b>Eigene Veröffentlichungen</b>	<b>163</b>
	<b>Betreute Abschlussarbeiten</b>	<b>169</b>
	<b>Anhang: Veröffentlichungen</b>	<b>171</b>