

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Hintergrund	1
1.2	Gliederung	4
1.3	Originalbeiträge	5
2	Magnetic-Particle-Imaging	7
2.1	Historie	8
2.2	Grundprinzip	9
2.2.1	Signalcodierung	9
2.2.2	Ortskodierung	11
2.2.3	Rekonstruktion	14
2.2.4	Abtasttrajektorie	17
2.3	Spulengeometrien	25
2.3.1	Röhrengometrie	25
2.3.2	Einseitige Geometrie	28
2.3.3	Einseitige Array-Geometrie	30
2.3.4	Offene Geometrie	31
2.4	Systemkomponenten	31
2.4.1	Sendekette	32
2.4.2	Empfangskette	34
2.5	Applikationen	36
2.5.1	Wächterlymphknotenbiopsie	36
2.5.2	Kardiographie	37
2.5.3	Blutflussmessung	37
2.5.4	Katheterlabor	38
3	Superparamagnetische Eisenoxid-Nanopartikel	39
3.1	Chemischer Aufbau und Synthese	39
3.1.1	Chemischer Aufbau	40
3.1.2	Synthese	42
3.2	Einsatz in der Medizin	42

3.3	Verhalten in Magnetfeldern	44
3.3.1	Magnetismus	44
3.3.2	Relaxation	47
3.3.2.1	Brown-Relaxation	48
3.3.2.2	Néel-Relaxation	48
3.4	Mathematische Modellierung	49
3.4.1	Langevin-Theorie des Paramagnetismus	49
3.4.2	Partikelgrößenverteilung	56
3.5	Analysemethoden	60
3.5.1	AC-Suszeptometrie	60
3.5.2	Rasterkraftmikroskopie	60
3.5.3	Magnetkraftmikroskopie	61
3.5.4	Photonen-Korrelations-Spektroskopie	61
3.5.5	Cotton-Mouton-Spektroskopie	62
3.5.6	Transmissionselektronenmikroskopie	62
3.5.7	Vibrationsmagnetometrie	62
4	Hardwareaufbau	65
4.1	Anforderungsanalyse	65
4.2	Systemübersicht	67
4.3	Sendekette	69
4.3.1	AC-Signalgenerierung	69
4.3.2	AC-Leistungsverstärkung	70
4.3.3	AC-Sendefilter	71
4.3.3.1	Schaltungsdesign	71
4.3.3.2	Implementierung	72
4.3.4	AC-Regelkreis	76
4.3.5	DC-Signalgenerierung	78
4.3.6	DC-Schutzfilter	79
4.3.7	Sendespule	81
4.3.7.1	Spulendesign und erzeugtes Magnetfeld	81
4.3.7.2	Implementierung und Spulenhalterung	84
4.3.7.3	Leistung	89
4.3.8	Impedanzanpassung	90
4.4	Empfangskette	95
4.4.1	Empfangsspule	95
4.4.2	Kompensationsaufbau	97
4.4.3	Empfangsverstärker	100
4.4.4	Signalerfassung	102
4.5	1D-MPI-Scanner	104

5	Softwareentwicklung	107
5.1	Systemsoftware	107
5.1.1	Anforderungsanalyse	108
5.1.2	Analyse der Systemarchitektur	109
5.1.2.1	Computersystem	110
5.1.2.2	DC-Quelle	110
5.1.2.3	Datenerfassungskarte	110
5.1.3	Definition der Programmierschnittstellen	114
5.1.3.1	DC-Quellen-Ansteuerung	114
5.1.3.2	Datenakquisition mit dem SMT8036-System	115
5.1.4	Implementierung der Funktionsmodule	118
5.1.4.1	DC-Quellen-Ansteuerung	118
5.1.4.2	SMT8036-AC-Signalgenerierung	119
5.1.4.3	SMT8036-AC-Regelkreis	122
5.1.4.4	SMT8036-Signalerfassung	127
5.2	Anwendungssoftware	130
5.2.1	Anforderungsanalyse	131
5.2.2	Programmaufbau	132
5.2.2.1	Dateiverwaltung	132
5.2.2.2	Messsteuerung	134
5.2.2.3	Messparameter	134
5.2.2.4	Visualisierung	134
5.2.2.5	Auswertung	138
5.2.3	Messsteuerung	138
5.2.4	Messsignalverarbeitung	141
5.2.5	Messauswertung	145
5.2.5.1	Total-Harmonic-Distortion	146
5.2.5.2	Lineare Regression	147
5.2.5.3	Partikelgrößenverteilung	148
6	Systemkalibrierung	153
6.1	Datenerfassungskarte	154
6.2	Sendekette	154
6.2.1	Anregungsfeldstärke	156
6.2.2	Probenposition	157
6.3	Empfangskette	158
6.3.1	Übertragungsfunktion	158
6.4	Wiederholgenauigkeit	159

7 Messungen und Auswertung	165
7.1 Untersuchung von Resovist®	165
7.1.1 Variation der Anregungsfeldstärke	168
7.1.1.1 AC-Sweep	168
7.1.1.2 DC-Sweep	170
7.1.2 Bestimmung der Partikelgrößenverteilung	173
7.1.3 Analyse verschiedener Chargen	175
7.2 Analyse verschiedener Nanopartikel	177
7.3 1D-Systemfunktion	181
8 Zusammenfassung und Ausblick	185
A Abkürzungsverzeichnis	189
B Physikalische Größen	193
C Physikalische Konstanten	195
D Literaturverzeichnis	197