

# Inhaltsverzeichnis

<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>15</b>
<b>2 Supraleitung und Magnetismus</b>	<b>21</b>
2.1 Der stromtragende Zustand in Supraleitern . . . . .	21
2.1.1 Theorie der Supraleitung . . . . .	21
2.1.2 Flusslinien: Bewegung und Verankerung . . . . .	32
2.1.3 Stromdichte und Magnetische Flussdichte . . . . .	40
2.2 Magnetische Ordnung in Ferromagneten . . . . .	51
2.2.1 Energie eines Ferromagneten: Mikromagnetismus . .	51
2.2.2 Ferromagnetische Hysteresekurve . . . . .	53
2.2.3 Domänen und Domänenwände . . . . .	55
2.2.4 Anisotropie . . . . .	56
2.3 Wechselwirkungen zwischen Supraleitern und Ferromagneten	58
2.3.1 Elektronentransport . . . . .	58
2.3.2 Kopplung über das magnetische Feld . . . . .	62
<b>3 Dichroitische Messmethoden</b>	<b>65</b>
3.1 Magnetooptischer Faraday-Effekt MOFE . . . . .	66
3.1.1 Faraday-Effekt . . . . .	66
3.1.2 Magnetooptisches Messprinzip . . . . .	66
3.1.3 Prinzip der Auswertung der Bilder . . . . .	71
3.2 Magnetooptischer Kerr-Effekt MOKE . . . . .	77
3.2.1 Kerr-Effekt versus Faraday-Effekt . . . . .	77
3.2.2 NanoMOKE3 und FORC . . . . .	78
3.3 X-ray Magnetic Circular Dichroism XMCD . . . . .	79
3.3.1 Der XMCD-Effekt . . . . .	80
3.3.2 Synchrotronstrahlung . . . . .	82

3.3.3	XMCD und Supraleiter . . . . .	83
3.3.4	ERNSt - Reflektometrikammer . . . . .	84
3.3.5	MAXYMUS - Röntgenmikroskop . . . . .	85
<b>4</b>	<b>Charakterisierung der Materialien YBCO und CoFeB</b>	<b>89</b>
4.1	Yttrium Barium Kupferoxid YBCO . . . . .	89
4.1.1	Supraleitende Eigenschaften . . . . .	90
4.1.2	Dünne Filme . . . . .	92
4.1.3	Schmelztexturierte Kristalle . . . . .	93
4.2	Kobalt Eisen Bor CoFeB . . . . .	94
4.2.1	Herstellung . . . . .	94
4.2.2	Magnetische Eigenschaften . . . . .	95
4.3	Die verwendeten Doppelschichten YBCO/CoFeB . . . . .	98
<b>5</b>	<b>Magnetische Wechselwirkung in YBCO/CoFeB Hybriden</b>	<b>103</b>
5.1	Magnetische Verankerung in YBCO . . . . .	104
5.1.1	Temperaturabhängigkeit des Schichtstroms . . . . .	104
5.1.2	Modell der nicht supraleitenden Teilschicht . . . . .	106
5.1.3	Diskussion der Verankerungsszenarien . . . . .	108
5.2	Einfluss des Supraleiters auf die Sensorschicht . . . . .	110
5.2.1	YBCO als Substrat bei Raumtemperatur . . . . .	111
5.2.2	Supraleitender YBCO . . . . .	113
5.3	Zusammenfassung . . . . .	116
<b>6</b>	<b>Magn. Flussdichteverteilung mit Röntgenspektroskopie</b>	<b>119</b>
6.1	Das Konzept . . . . .	120
6.1.1	Magnetooptik mit Röntgenstrahlen? . . . . .	120
6.1.2	Streifelder im remanenten Zustand . . . . .	121
6.1.3	Umsetzung im Messaufbau . . . . .	122
6.1.4	Messroutine für einen XMCD-Effekt . . . . .	124
6.2	Messergebnisse der magnetischen Röntgenspektroskopie . . . . .	126
6.2.1	Absorptions- und XMCD Spektren . . . . .	127
6.2.2	Temperaturabhängigkeit der XMCD Spektren . . . . .	128
6.3	Korrelation von Sensorsignal und magnetischer Flussdichte . . . . .	131
6.3.1	Zuordnung des Streufelds zur Temperatur . . . . .	132
6.3.2	Herleitung der Formel zur Beschreibung der Korrelation . . . . .	134

6.4	Bestätigung durch vergleichende FORC Messungen . . . . .	136
6.5	Zusammenfassung und Diskussion . . . . .	140
<b>7</b>	<b>Röntgenmikroskopie an YBCO</b>	<b>143</b>
7.1	Kontrast in Röntgenbildern . . . . .	143
7.1.1	Aufnahme eines XMCD Bildes . . . . .	144
7.1.2	Modellierung des Kontrasts . . . . .	147
7.1.3	Kontrast in Abhängigkeit der Vorgeschichte . . . . .	150
7.2	Angelegtes Magnetfeld . . . . .	152
7.2.1	Flussfront in Abhängigkeit des Magnetfeldes . . . . .	153
7.2.2	Richtung des äußeren Magnetfeldes . . . . .	154
7.3	Temperatur . . . . .	156
7.3.1	Abbildung bei Raumtemperatur . . . . .	156
7.3.2	Temperaturabhängigkeit . . . . .	160
7.4	Ortsauflösung . . . . .	163
7.4.1	Domänenwanddicke . . . . .	166
7.4.2	Domänengröße . . . . .	166
7.5	Zusammenfassung . . . . .	169
<b>8</b>	<b>Chancen und Herausforderungen</b>	<b>171</b>
8.1	Ortsauflösung und Scangröße . . . . .	171
8.2	TEY Messmodus in Kombination mit dem Kryostaten . . . . .	172
8.2.1	Signal zu Rausch Verhältnis . . . . .	173
8.2.2	Signalverlust durch Eisbildung . . . . .	175
8.3	Transmission . . . . .	176
8.4	Maßgeschneiderte Sensorschichten . . . . .	177
8.5	Ausblick . . . . .	179
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>183</b>
	<b>Glossar</b>	<b>187</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>191</b>
	<b>Liste der Veröffentlichungen</b>	<b>209</b>