



Inhaltsverzeichnis

Summary	7
1 Einleitung	15
2 Supraleitung und Magnetismus	21
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
3 Dichroitische Messmethoden	65
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
4	Charakterisierung der Materialien YBCO und CoFeB	89
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
5	Magnetische Wechselwirkung in YBCO/CoFeB Hybriden	103
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
6	Magn. Flussdichteverteilung mit Röntgenspektroskopie	119
6.1	Das Konzept	120
6.1.1	Magnetooptik mit Röntgenstrahlen?	120
6.1.2	Streufelder 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
7	Röntgenmikroskopie an YBCO	143
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
8	Chancen und Herausforderungen	171
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
9	Zusammenfassung	183
	Glossar	187
	Literaturverzeichnis	191
	Liste der Veröffentlichungen	209