



Daniela Nolle (Autor)

**Kombinierte oberflächen\_ und volumensensitive  
spektro\_mikroskopische XMCD\_Untersuchungen  
nanopartikulärer Hybridsysteme**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/6104>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany  
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



# Inhaltsverzeichnis

<b>Summary .....</b>	<b>III</b>
<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>IX</b>
<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Physikalische Grundlagen .....</b>	<b>4</b>
1.1 Magnetismus.....	4
1.1.1 <i>Materie im Magnetfeld .....</i>	<i>4</i>
1.1.2 <i>Magnetismus eines einzelnen Atoms .....</i>	<i>6</i>
1.1.3 <i>Magnetismus im Festkörper.....</i>	<i>8</i>
1.1.4 <i>Wechselwirkungen zwischen magnetischen Momenten.....</i>	<i>12</i>
1.2 Supermagnetismus.....	15
1.2.1 <i>Superparamagnetismus (SPM).....</i>	<i>15</i>
1.2.2 <i>Superspingläser .....</i>	<i>18</i>
1.2.3 <i>Superferromagnetismus .....</i>	<i>20</i>
1.3 Der XMCD-Effekt .....	21
1.3.1 <i>Einführung .....</i>	<i>21</i>
1.3.2 <i>Modelle für den XMCD-Effekt.....</i>	<i>23</i>
1.3.3 <i>Summenregeln.....</i>	<i>26</i>
1.3.4 <i>Unterschiedliche Messmodi zum XMCD-Effekt.....</i>	<i>29</i>
<b>2 Experimentelle Grundlagen .....</b>	<b>32</b>
2.1 Probencharakterisierung.....	32
2.1.1 <i>SQUID Magnetometrie .....</i>	<i>32</i>



---

2.1.2	<i>Transmissionselektronenmikroskopie</i> .....	35
2.1.3	<i>AFM/MFM</i> .....	37
2.2	Grundlagen der Röntgenspektroskopie und -mikroskopie.....	39
2.2.1	<i>Eigenschaften von Röntgenstrahlung</i> .....	40
2.2.2	<i>Erzeugung von zirkular polarisierter Röntgenstrahlung</i> .....	42
2.2.3	<i>BESSY II und ANKA</i> .....	46
2.2.4	<i>Röntgentransmissionsmikroskopie (STXM)</i> .....	47
2.3	Verwendete Messapparaturen.....	49
2.3.1	<i>XMCD-Kammer</i> .....	49
2.3.2	<i>MAXYMUS</i> .....	52
2.4	Auswertung der Messdaten .....	58
2.4.1	<i>XMCD-Kammer</i> .....	59
2.4.2	<i>MAXYMUS</i> .....	66
<b>3</b>	<b>Untersuchte Probensysteme und ihre Herstellung</b> .....	<b>71</b>
3.1	FePt und Eisenoxid.....	71
3.2	FePt/FeO <sub>x</sub> Hybrid-Nanopartikel .....	72
3.3	Selbstorganisierte „superlattice membranes“ .....	77
3.4	Weitere Testproben (für die Entwicklung des TEY-Messmodus) .....	81
<b>4</b>	<b>Spektroskopische Untersuchungen an FePt/FeO<sub>x</sub>-Nanopartikeln</b> .....	<b>84</b>
4.1	Charakterisierung der Proben .....	84
4.2	Summenregelauswertung.....	94
4.2.1	<i>Modell für die verringerten Transmissions-Summenregelwerte im Gegensatz zu den TEY-Daten</i> .....	<i>98</i>



---

4.2.2	<i>Modell für die verringerten Summenregelwerte im Gegensatz zu den aus der Literatur zu erwartenden Daten</i> .....	101
4.2.3	<i>Vergleich mit den SQUID-Daten</i> .....	103
4.3	Referenzdatenanpassung zur Bestimmung magnetischer und nicht-magnetischer Beiträge .....	107
4.4	Diskussion und Vergleich der Ergebnisse .....	113
4.4.1	<i>Zusammenstellung der Ergebnisse</i> .....	113
4.4.2	<i>Modell der HNCs</i> .....	115
<b>5</b>	<b>Entwicklung und Aufbau des TEY-Modus</b> .....	<b>118</b>
5.1	Notwendigkeit für einen oberflächensensitiven Messmodus .....	118
5.2	Erster Aufbau des neuen Messmodus .....	119
5.2.1	<i>Optimierter Probenhalter</i> .....	122
5.3	Magnetische- und nicht-magnetische Aufnahmen .....	123
5.3.1	<i>Simultane Aufnahmen in TEY und Transmission</i> .....	123
5.3.2	<i>Abbildung magnetischen Kontrasts</i> .....	126
5.3.3	<i>Magnetische Untersuchungen an nicht-transparenten Proben</i> .....	129
5.4	Hysterese-Messungen.....	131
5.5	Spektroskopie.....	134
5.5.1	<i>Simultane Messungen in TEY bzw. Transmission und ihre Normierung</i> .....	135
5.5.2	<i>Unterschiedliche Vorgehensweisen zur Messung von XMCD-Spektren</i> .....	137
5.6	Mögliche Schwierigkeiten .....	140
5.6.1	<i>Charging</i> .....	141



---

5.6.2	<i>Kohlenstoffablagerungen</i> .....	143
<b>6</b>	<b>XMCD- und STXM-Untersuchungen an BNSL-Membranen</b> .....	<b>145</b>
6.1	Mögliche Untersuchungsmethoden .....	146
6.2	Eigenschaften der Proben in Abhängigkeit der Anlasstemperatur .....	154
6.2.1	<i>TEM-Untersuchungen</i> .....	154
6.2.2	<i>SQUID-Untersuchungen</i> .....	157
6.2.3	<i>XMCD-Untersuchungen</i> .....	163
6.2.4	<i>MAXYMUS-Untersuchungen</i> .....	170
6.3	Diskussion und Vergleich der Ergebnisse .....	177
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>180</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>185</b>
	<b>Danksagung</b> .....	<b>194</b>