Inhaltsverzeichnis

1. Summary 6
1.1. Experiments ... 6
1.2. Analysis ... 7
1.3. XMCD Results ... 8
1.4. Model ... 9
1.5. Summary and Outlook ... 10
2. Einleitung 6
3. Grundlagen 15
3.1. Magnetismus ... 15
3.1.1. Interaktion von Materie mit Magnetfeldern ... 17
3.1.2. Diamagnetismus ... 17
3.1.3. Paramagnetismus ... 19
3.1.4. Ferromagnetismus ... 21
3.1.5. Antiferromagnet ... 24
3.1.6. Frustrierte magnetische Momente ... 25
3.1.7. Spin und Bahnmomente ... 27
3.1.8. Spin-Bahn-Kopplung ... 31
3.1.9. Zeeman-Effekt ... 33
3.1.10. Metallischer Magnetismus und Stoner Modell ... 34
3.1.11. Magnetische Formanisotropie ... 35
3.1.12. Magnetische Kristallanisotropie ... 36
3.1.13. Austauschwechselwirkung ... 38
3.1.14. Energiebeiträge in magnetischen Materialien ... 39
3.2. Exchange Bias ... 40
3.2.1. Intuitives Bild des EB ... 41
3.2.2. Frühes Modell einer rauen Oberfläche ... 45
3.2.3. Modell mit Domänenwänden im AFM ... 46
3.2.4. Näherung von Kim und Stamps ... 46
3.2.1. Spin-Glas Modell nach Stiles ... 47
3.2.2. Zusammenfassung der Theorien zum EB ... 48
3.3. Röntgenabsorption ... 48
3.3.1. Wechselwirkung von Dipolstrahlung mit Materie ... 48
3.3.2. XAS ... 49
3.3.3. XMCD ... 51
3.3.1. Skalarprodukt im XMCD ... 53
3.3.2. Summenregeln ... 55
3.3.3. Elektronenausbeute (TEY) ... 58
3.3.4. Auger-Prozess ... 58
3.3.5. Coster-Kronig-Übergang ... 59
3.4. Synchrotron ... 60
3.4.1. Synchrotron ... 61
3.4.2. Erzeugung von Röntgenstrahlen ... 62
3.4.1. Undulator und Beamline UE56/2-PGM-1 ... 63

3.4.2. Monochromator ... 64
3.5. ERNSt ... 64
3.5.1. Aufbau des Systems ... 65
3.5.2. UHV-System ... 66
3.6. Aufdampfanlage ... 68
3.7. SQUID ... 69
3.8. Rasterkraftmikroskop ... 71
3.9. MOKE ... 72

4. Datenanalyse und Experimentelle Methodik 73
4.1. Vom Stromsignal zur Messkurve ... 73
4.2. Normierung mit Eingangsintensität ... 74
4.3. Nord-Süd-Korrektur ... 75
4.4. Energienormierung ... 77
4.5. Teilen durch Faktor ... 78
4.6. Berechnung der XAS Kurve ... 79
4.7. Fitnormierung ... 80
4.8. Rückrechnung auf die Kurve ... 81
4.9. XMCD-Signal ... 82
4.10. Summenregeln ... 84
4.11. Momentenanalyse ... 85
4.12. Zusammenfassung der Daten-Normierung ... 87
4.13. Messmethode zur Identifizierung gepinnter Momente ... 88
4.14. Liste aller XMCD Konfigurationen ... 95

5. Probenherstellung und Charakterisierung 97
5.1. Auswahl des Probensystems ... 97
5.1.1. Dickenabhängigkeit von Co ... 98
5.1.2. Dickenabhängigkeit von FeMn ... 98
5.2. Sputtern ... 99
5.3. SQUID Ergebnisse ... 99
5.4. Oberflächenrauigkeit durch Rasterkraftmikroskop ... 101
5.5. Vergleich zu bisherigen Voruntersuchungen beim gleichen Probensystem ... 102
5.5.1. Strukturelle Untersuchung von FeMn ... 103
5.5.2. Berechnung der Besetzungszustände von FeMn in Q3 Struktur ... 105
5.6. MOKE ... 108
5.7. Probe ohne Kobalt-Schicht ... 108
5.8. Untersuchungen mit Röntgenstrahlen ... 109
5.8.1. Untersuchungen mit umgekehrter Schichtreihenfolge ... 109
5.8.2. Elementspezifische Hysteresen ... 111
5.8.3. Aufbau und erste Charakterisierung ... 114
5.8.4. Übersichtsspektrum ... 115

6. XMCD an Co/FeMn System 123
6.1. XMCD an Eisen bei 135 K ... 124
6.1.1. Gepinnte Momente ... 128
6.1.2. Rotierbare magnetische Momente ... 132
6.1.1. Summenregeln an Eisen bei 135 K ... 135
6.2. Temperaturabhängigkeit von Eisen XMCD ... 135
6.2.1. Ergebnisse für 300K ... 136
6.2.2. Ergebnisse für 89K ... 137
6.2.3. Summenregeln für Eisen ... 137
6.2.4. Zusammenfassung der Ergebnisse für Eisen ... 139

6.3. Ergebnisse für Mangan ... 139
6.3.1. XAS für Mangan ... 140
6.3.1. Temperaturvergleich für Mangan ... 141
6.3.2. Summenregeln an Mangan ... 144
6.3.3. Zusammenfassung für Mangan ... 145
6.4. Ergebnisse für Kobalt ... 146
6.4.1. XMCD an Kobalt ... 147
6.4.2. Summenregeln an Kobalt ... 151
6.4.3. Zusammenfassung für Kobalt ... 152
6.5. Überblick der Ergebnisse der Summenregeln ... 154
6.6. Betrachtung möglicher Messartefakte im XMCD Signal ... 155

7. Semiquantitatives Modell zu gepinnten Bahnmomenten 159
7.1. Vorzeichen in den Ergebnissen ... 159
7.2. Spin-Bahn-Kopplung und Zeeman Energie ... 160
7.2.1. Magnetisch aktive Schicht ... 161
7.2.2. Anzahl Atome an Grenzfläche ... 163
7.2.1. Energie über Hysterese ... 165
7.2.2. Spin-Bahn-Kopplungs-Energie ... 165
7.2.3. Vergleich der Energien ... 166
7.3. Modell zur Momentenverteilung ... 167
7.4. Komplettes Bild der Grenzfläche ... 173

8. Zusammenfassung 177

9. Literatur 177

10. Abkürzungsverzeichnis 189

11. Anhang 190
11.1. Liste mit allen Kreuztabellen ... 190
11.2. Iteratives Verfahren zur Bestimmung von ξ ... 202

12. Veröffentlichungsliste 204

13. Erklärung 207

14. Danksagung 208