

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1 Grundlagen	3
1.1 Der Magnetismus des Festkörpers	3
1.1.1 Magnetismus auf makroskopischer Skala	3
1.1.2 Der Magnetismus auf atomarer Ebene	7
1.2 Rasterkraftmikroskopie	12
1.2.1 FM-RKM	12
1.2.2 Die Messsonde	15
1.2.3 Kräfte zwischen Spitze und Probe	17
1.2.4 $\Delta f(z)$ -Spektroskopiekurven	25
1.2.5 Dreidimensionale $\Delta f(x, y, z)$ -Spektroskopiefelder	28
1.2.6 Energiedissipation durch nicht-konservative Wechselwirkungen	29
1.2.7 Dissipationsmechanismen	30
2 Magnetische Austauschkraftmikroskopie	35
2.1 Einleitung	35
2.2 Vorarbeiten am Modellsystem NiO(001)	39
2.2.1 Simulationsrechnungen	39
2.2.2 Experimentelle Arbeiten	40
2.2.3 Experimentelle Anforderungen	42
2.3 Der experimentelle Aufbau	45
2.3.1 Das Tieftemperatur-Rasterkraftmikroskop	45
2.3.2 Das faseroptische Interferometer	47
2.3.3 Auflösungsgrenzen und Rauschquellen der Messapparatur	50
3 Präparation und Charakterisierung der Messspitzen	55
3.1 Methoden zur Präparation der Messspitzen	55
3.1.1 Spitzenkollisionen auf der NiO-Oberfläche	60

3.1.2	Spitzenkollisionen auf der Ni(111)-Oberfläche	62
3.2	Charakterisierung der Spitze im Rasterkraftmikroskop	65
3.2.1	Strukturelle Charakterisierung der Spitze	65
3.2.2	Elektrische Eigenschaften der Spitze	65
3.2.3	Magnetische Charakterisierung der Spitze	69
3.2.4	Atomare Auflösung auf der Ni(111)-Oberfläche	70
4	Topographische Untersuchung der NiO(001)-Oberfläche	73
4.1	Eigenschaften von Nickeloxid	73
4.2	Präparation der NiO(001)-Oberfläche	75
4.3	Untersuchung von Defekten	77
4.4	Atomare Auflösung	80
4.5	Dissipativer Kontrast	81
4.6	Kontraständerungen durch Spitzenwechsel	83
5	Experimente zur magnetischen Austauschkraftmikroskopie	87
5.1	Die verwendeten Messsonden	88
5.2	Magnetischer Austauschkontrast auf NiO(001)	89
5.2.1	Ausschluss oszillatorischer Rauschquellen	91
5.2.2	Ausschluss eines Spitzenartefaktes	92
5.2.3	Quantifizierung des Kontrastes	94
5.2.4	Dissipativer Kontrast	98
5.2.5	Magnetischer Austauschkontrast auf den Nickel- und den Sauerstoffatomen	102
5.2.6	Spitzenwechsel in MAKM-Bildern	106
5.2.7	Vergleich der gemessenen Kontraste mit verschiedenen Fe-beschichteten Messsonden	113
5.3	Messungen auf NiO(001) mit Ni-beschichteten Spitzen	114
5.4	Abbildung von NiO(001) mit Gd-beschichteten Spitzen	116
5.5	Untersuchung der MnO(001)-Oberfläche	118
5.5.1	Eigenschaften von Manganoxid	118
5.5.2	Präparation der MnO-Proben	119
5.5.3	Atomare Auflösung auf der MnO(001)-Oberfläche	121
6	Dreidimensionale Kraftspektroskopiefelder	125
6.1	Motivation	126
6.2	Experimentelle Vorgehensweise	128
6.3	Umrechnung der $\Delta f(z)$ -Kurven	133
6.4	Berechnung der dissipierten Energie	140
6.5	Abstandsabhängige Untersuchung	144
6.6	Charakterisierung des vordersten Spitzenendes	146

6.6.1	Betrachtung des $E_{\text{SP}}(x, y, z)$ - und des $F_z(x, y, z)$ -Feldes	149
6.6.2	Untersuchung des dissipativen Kontrastes	165
7	Zusammenfassung und Ausblick	173
A	Bildbearbeitung und -auswertung	187
A.1	Ebenenabgleich	187
A.2	Linienabgleich	187
A.3	Mittelung über ein regelmäßiges Atomgitter	189
A.4	Fouriertransformation	190
A.5	Vertikale Schnitte in Spektroskopiefeldern	192
B	Einfluss oszillatorischer Rauschquellen	193
C	Störeffekte bei der Abbildung	195
	Veröffentlichungen	197
	Konferenzbeiträge	199
	Danksagung	201