

Inhaltsverzeichnis

Glossar	xiii
1. Einleitung	1
2. Experimentelle Grundlagen	3
2.1. Rastertunnelmikroskopie	3
2.1.1. Aufbau und Funktionsprinzip	3
2.1.2. Quantenmechanischer Tunneleffekt	3
2.1.3. WKB-Näherung für beliebige Potenziale	6
2.1.4. Bardeen-Formalismus und Tersoff-Hamann-Näherung	6
2.1.5. Abstandsabhängigkeit	7
2.1.6. Messmodi	8
2.1.7. Rastertunnelspektroskopie	9
2.1.8. Adsorbate	10
2.1.9. Physikalische Anforderungen	11
2.2. Lock-In-Technik	11
2.2.1. Rauschen im Experiment	11
2.2.2. Verbesserung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses	13
2.2.3. Messen der differentiellen Leitfähigkeit	14
2.3. Beugung mit niederenergetischen Elektronen (LEED)	15
2.3.1. Beugung von Elektronen	15
2.3.2. Aufbau und Funktionsprinzip	16
2.3.3. Ewald-Konstruktion	17
2.3.4. Struktur der Oberfläche im Realraum	18
2.3.5. Struktur der Oberfläche im reziproken Raum	19
2.4. Verwendete Apparaturen	19
2.4.1. Aufdampf-Pumpstand	19
2.4.2. UHV STM-/LEED-System	20
2.4.3. Fünf-Achsen-Manipulator-Kopf	23
3. Elektronenkorrelationen	25
3.1. Tomonaga-Luttinger-Flüssigkeit	25
3.1.1. Abgrenzung zur Fermi-Flüssigkeit	25
3.1.2. Eindimensionale Metalle	26
3.1.3. Bosonisation	29
3.1.4. Spin-Ladungs-Trennung	29

3.1.5.	Potenzgesetz in der elektronischen Zustandsdichte	30
3.1.6.	Tunneln in eine TLL	31
3.1.7.	Universelles Skalenverhalten	34
3.1.8.	Defekte und dimensionaler Übergang	34
3.2.	Kondo-Effekt	34
3.2.1.	Anomalie des elektrischen Widerstands	34
3.2.2.	Fano-Lorentz-Profil	35
3.2.3.	Fano-Frota-Profil	37
3.3.	Two-Channel-Kondo-Effekt	39
3.3.1.	Beschreibung des Modells	39
3.3.2.	Magnetischer Defekt in einer TLL	40
3.3.3.	Einzelelektronentransistor	40
3.3.4.	Kandidaten für Two-Channel-Systeme	42
3.3.5.	Phonon-Unterstützter Effekt	42
4.	Das Materialsystem Au/Ge(001)	45
4.1.	Die Ge(001)-Oberfläche	45
4.1.1.	Strukturmodelle	45
4.1.2.	STM-Topografie	47
4.1.3.	LEED an der Ge(001)-Oberfläche	47
4.2.	Au-induzierte Nanodrähte auf Ge(001)	50
4.2.1.	Strukturmodelle	50
4.2.2.	STM-Topografie	51
4.2.3.	Lokale Zustandsdichte (LDOS)	51
4.2.4.	LEED an der Au/Ge(001)-Oberfläche	55
4.3.	Nanostrukturen bei Au-Überschuss und -Mangel	55
4.3.1.	Deposition mehrerer Monolagen Gold auf Ge(001)	55
4.3.2.	Au-Mangel nach Beschuss mit Ar^+ -Ionen	55
5.	Elektronenstrahlverdampfer	59
5.1.	Aufbau und Funktionsweise	59
5.2.	Verwendete Elektronenstrahlverdampfer	63
5.2.1.	Bauart-Unterschiede	63
5.3.	Inbetriebnahme und Kalibrierung	63
5.3.1.	Ausgasen	63
5.3.2.	Quarzkristallmikrowaage	65
5.3.3.	Kalibrierung	66
5.3.4.	Effizienz des Ionen-Suppressors	68
6.	Experiment	69
6.1.	Probenpräparation	69
6.1.1.	Nasschemische Präparation	69
6.1.2.	Ge(001)-Oberfläche	70

6.1.3.	Au/Ge(001)-Nanodraht-System	70
6.1.4.	Cobalt-Deponierung auf Au/Ge(001)	70
6.2.	STM-Spitzen	71
6.2.1.	Wolfram-Spitzen	71
6.2.2.	Platin-Iridium-Spitzen	74
6.2.3.	Spitzencharakterisierung	74
7.	Auswertung	79
7.1.	Bestimmung der Co-Bedeckung auf Au/Ge(001)	79
7.1.1.	Präparation	79
7.1.2.	Struktur der Oberfläche	79
7.1.3.	Bestimmung der Bedeckung	80
7.2.	Nachträgliches Ausheilen	86
7.2.1.	Präparation	86
7.2.2.	Vergleich der Bedeckungen	87
7.3.	Aufdampfen auf gekühlte Probe	87
7.3.1.	Experiment	87
7.3.2.	Oberflächenstruktur	88
7.3.3.	Einzeldefekte	88
7.3.4.	Tunnelspektroskopie an Einzeldefekten	88
7.4.	Elektronische Struktur	93
7.4.1.	Tomonaga-Luttinger-Flüssigkeit	93
7.4.2.	Weitere Diskussion der Tunnel-Spektren	95
7.4.3.	Anomalie in Tunnelspektren	95
7.4.4.	Detailuntersuchung von Sprüngen in dI/dU	99
7.4.5.	Mögliche Wechselwirkung zwischen PtIr-Tip und Co-Adsorbaten	101
7.5.	„Mischphase(n)“	102
7.5.1.	Co auf Au/Ge(001)	103
7.5.2.	Au auf Au/Ge(001)	110
8.	Zusammenfassung & Ausblick	115
A.	Oberflächenstruktur	119
A.1.	Spannungsserien	119
A.2.	Linienprofile auf der Au/(Au/Ge(001))-„Mischphase“	121
B.	Tunnel-Spektroskopie	123
B.1.	Weitere DOS-Maps auf Au/Ge(001)	123
B.1.1.	Probe 107	123
B.1.2.	Probe 108	125
B.2.	Mögliche TLL-Spektren von Co/Au/Ge(001)	127
B.3.	Anomalie in Tunnelspektren	134

C. Verarbeitung von Tunnelspektren	137
C.1. Python-Bibliothek zum Lesen der STM-Daten	137
C.2. Auswahl beliebiger Spektren	137
C.2.1. Problembeschreibung	137
C.2.2. Programmbeschreibung	138
D. Anpassen von Messdaten an Funktionen	139
D.1. Modulares Konzept	139
D.2. Tomonaga-Luttinger-Fit	139
D.2.1. Zustandsdichte bzw. Potenzgesetz bei $T = 0\text{ K}$	139
D.2.2. Zustandsdichte bei $T \gg 0\text{ K}$	140
D.3. Kondo-Fits	141
D.3.1. Fano-Lorentz-Profil	141
D.3.2. Fano-Frota-Profil	141
Literaturverzeichnis	143
E. Bibliografie	157
F. Danksagung	159