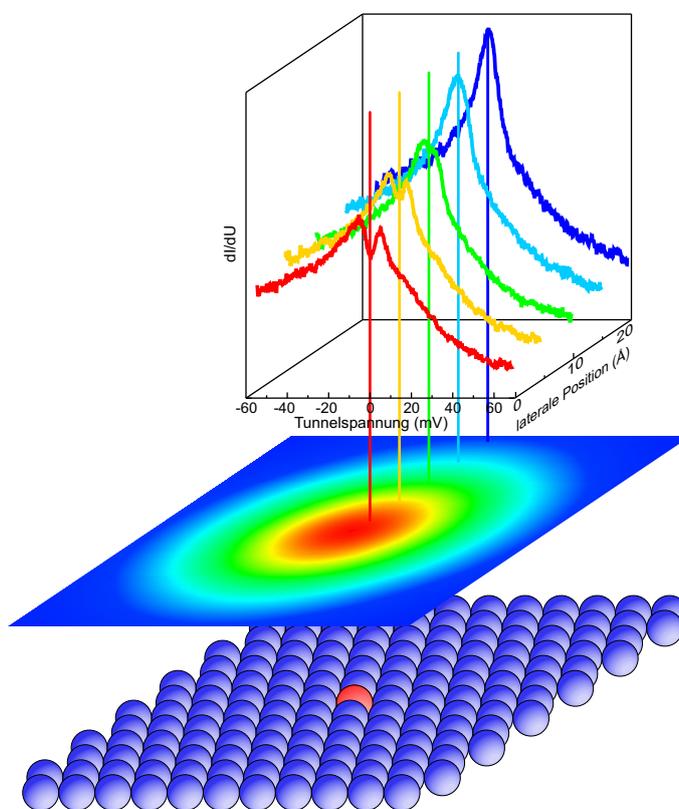


Daniel Wegner

Rastertunnelspektroskopie an Lanthanidmetall-  
oberflächen: korrelierte elektronische Struktur  
und Dynamik angeregter Zustände



am Fachbereich Physik  
der Freien Universität Berlin  
eingereichte Dissertation  
September 2004

Das Titelbild zeigt eine schematische Darstellung des Kondo-Effekts eines in der Lu(0001)-Oberfläche eingebetteten Gd-Defektatoms und die mit unterschiedlichen Abständen aufgenommenen Rastertunnelspektren (s. Kap. 7).

1. Gutachter: Prof. Dr. Dr. h.c. G. Kaindl

2. Gutachter: Prof. Dr. K. H. Rieder

3. Gutachter: Prof. Dr. U. Köhler

Tag der Disputation: 02. November 2004

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract</b>	<b>v</b>
<b>Abkürzungen</b>	<b>ix</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1 Elektronische Struktur der Lanthanidmetalle . . . . .	5
2.2 Lebensdauer angeregter Zustände . . . . .	10
2.2.1 Elektron-Elektron-Streuung . . . . .	11
2.2.2 Elektron-Phonon-Streuung . . . . .	12
2.2.3 Andere Beiträge zur Lebensdauer . . . . .	15
2.2.4 Methoden zur Messung von Lebensdauern . . . . .	16
2.3 Quantentopf-Zustände in ultradünnen Metallfilmen . . . . .	18
2.4 Rastertunnelspektroskopie von Oberflächenzuständen . . . . .	22
2.4.1 STS an lokalisierten Zuständen: einfaches Modell . . . . .	24
2.4.2 Berücksichtigung der Dispersion . . . . .	25
2.4.3 Modell für Lutetium . . . . .	27
2.4.4 Einfluß der STM-Spitze: Stark-Effekt . . . . .	28
2.5 Der Kondo-Effekt . . . . .	29
<b>3 Experimentelle Methoden</b>	<b>33</b>
3.1 Aufbau . . . . .	33
3.2 Probenpräparation . . . . .	35
3.2.1 Wolfram-Substrat . . . . .	35
3.2.2 Präparation dünner Lanthanidmetallfilme . . . . .	37
3.3 Rastertunnelspektroskopie . . . . .	39
<b>4 Quantentopf-Zustände in dünnen Yb(111)-Filmen</b>	<b>43</b>
4.1 Morphologie dünner Yb(111)-Filme . . . . .	43
4.2 STS-Ergebnisse . . . . .	45
4.3 Auswertung und Diskussion . . . . .	48
4.4 Einfluß der Topographie auf die Tunnelspektren . . . . .	51
4.5 Fazit . . . . .	53

<b>5</b>	<b>Austauschspaltungen der (0001)-Oberflächenzustände</b>	<b>55</b>
5.1	Abhängigkeit von der $4f$ -Besetzung . . . . .	55
5.2	Temperatur-Abhängigkeit . . . . .	58
5.2.1	$T_m$ . . . . .	59
5.2.2	$N_d$ . . . . .	61
5.2.3	Diskussion . . . . .	63
5.3	<i>finite-size</i> -Effekt . . . . .	65
5.4	Fazit . . . . .	69
<b>6</b>	<b>Lebensdauern der Oberflächenzustände</b>	<b>71</b>
6.1	Linienbreiten bei tiefer Temperatur: $e-e$ - und $e-m$ -Streuung . . . . .	71
6.1.1	Analyse der Linienform . . . . .	71
6.1.2	Diskussion . . . . .	76
6.1.3	Bandstruktur-Details bei Lu(0001) . . . . .	80
6.2	Defektstreuung an Adsorbaten . . . . .	83
6.3	Temperaturabhängigkeit bei Gd: $e-ph$ -Streuung . . . . .	88
6.4	Fazit . . . . .	92
<b>7</b>	<b>Vielteilcheneffekte an der Fermikante</b>	<b>95</b>
7.1	Der Kondo-Effekt auf der Lu(0001)-Oberfläche . . . . .	95
7.1.1	Präparation . . . . .	96
7.1.2	STS: Indizien für den Kondo-Effekt . . . . .	97
7.1.3	Die Kondo-Abschirmwolke . . . . .	101
7.2	Vielteilchen-Zustand auf den Lanthanidmetall-Oberflächen? . . . . .	103
7.3	Fazit . . . . .	105
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>107</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>111</b>
	<b>Publikationen</b>	<b>125</b>
	<b>Danksagung</b>	<b>127</b>
	<b>Lebenslauf</b>	<b>129</b>