

**Femtosekundenspektroskopie
an Silberatomen in einer Xenonmatrix**

DISSERTATION

**zur Erlangung des Doktorgrades
des Fachbereiches Physik
der Freien Universität**

**vorgelegt von
Katja Bammel**

Berlin 1998

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Jahn-Teller-Effekt am Ag/Xe-System	5
2.1	Absorptions- und Emissionsspektrum einer Ag/Xe-Schicht	6
2.2	Der Jahn-Teller-Effekt	7
2.2.1	Die adiabatische Näherung	8
2.3	Jahn-Teller-Theorem	11
2.3.1	Statischer und dynamischer Jahn-Teller-Effekt	12
2.3.2	Normalkoordinaten des XY_{12} -Komplexes	13
2.4	Konstruktion der Potentialflächen für Ag/Xe	15
2.4.1	Jahn-Teller-Effekt im Fall $T \otimes e$	17
2.4.2	Quadratischer $T \otimes e$ -Fall ohne Spin-Bahn-Wechselwirkung	18
2.4.3	Einführung der Spin-Bahn-Wechselwirkung und höherer Jahn-Teller-Parameter	19
2.4.4	Schwingungspotentiale	23
2.4.5	Bestimmung der linearen Parameter γ und F	25
2.4.6	Bestimmung von G und H durch Anpassung der Emissionsbanden	27
2.4.7	Überprüfung der Jahn-Teller-Parameter	30
2.4.8	Konsequenzen für die Wellenpaketdynamik	34
3	Experimenteller Aufbau	37
3.1	Die Apparatur	38
3.2	Die Probenpräparation	40
3.3	Das Lasersystem	42
3.3.1	Das Femtosekunden-Lasersystem	42
3.3.2	PG-FROG-Aufbau	43
3.3.3	Der 2-stufige Farbstoffverstärker	45

3.3.4	Pulskompression und Charakterisierung	49
3.3.5	Experimentelle Methoden zur Beobachtung der Wellenpaketdynamik	53
3.4	Die Strahlverzögerungseinheit	55
3.4.1	Resonanter Pump-Probe-Aufbau	55
3.4.2	Zwei-Farben-Pump-Probe-Aufbau	57
3.4.3	Strahlgeometrie im Überlapp	59
4	Charakterisierung der Ag/Xe-Schicht	61
4.1	Absorptions- und Emissionsspektrum	61
4.2	Optische Qualität	62
4.3	Temperaturabhängigkeit der Absorption	63
4.4	Photoinduzierter Bleicheffekt	64
4.4.1	Migration des Ag-Atomes	64
5	Resonante Pump-Probe Messungen	69
5.0.2	Bestimmung der Änderung der optischen Dichte	69
5.1	Ergebnisse der resonanten Messungen	71
5.1.1	Anregung in den SB-Zustand	71
5.1.2	Anregung in den $-JT$ -Zustand	72
5.1.3	Anregung in den $+JT$ -Zustand	74
5.2	Zusammenfassung der Ergebnisse	75
5.3	Diskussion der Ergebnisse	76
5.3.1	Anstiegszeiten und Rabi-Oszillationen	77
5.3.2	Bleichsignal für Zeiten $t_D > 250$ fs	78
5.3.3	Wellenpaketdynamik	79
5.3.4	Zeitkonstanten τ_1 und τ_2	83
6	Zwei-Farben Pump-Probe-Messungen	85
6.1	Bestimmung des Zeitnullpunktes	86
6.2	Anpassung der Signaländerung	88
6.3	Die zeitaufgelösten Messungen	90
6.3.1	Ergebnisse für den SB-Zustand	90
6.3.2	Ergebnisse für den $-JT$ -Zustand	91
6.3.3	Ergebnisse für den $+JT$ -Zustand	93
6.3.4	Messung der Transmissionsänderung bei fester t_D	96
6.4	Diskussion	97

6.4.1	Anregung in den SB-Zustand	99
6.4.2	Anregung in den $-JT$ -Zustand	100
6.4.3	Anregung in den $+JT$ -Zustand	100
7	Zusammenfassung	105

1

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. N. Schwentner, dem ich besonders dafür danke, an diesem Thema zu arbeiten und dabei die höchst interessante Femtosekunden-Spektroskopie kennenzulernen. Seine Diskussionsbereitschaft und anschaulichen Beschreibungen in allgemeinen Fragen trugen viel zu meinem physikalischen Verständnis bei. Durch die Möglichkeit Konferenzen zu besuchen, ergaben sich viele interessante Diskussionen und Kontakte.

Dr. R. Kometer, der das Ag/Xe-System mit Pikosekunden-Auflösung untersuchte, gebührt ein großer Dank, da er mir bei der Einführung in die Geheimnisse der Probenpräparation geholfen hat und auch später mit Rat und Tat zur Seite stand.

Ein ganz besonders großer Dank gilt Dr. P. Dietrich für seine immer währende Hilfsbereitschaft und Unterstützung dieses Projektes. Durch seine Modellierung der Ag/Xe-Potentiale hat er grundlegend zum Verständnis der Ergebnisse beigetragen.

Bedanken möchte ich mich bei allen jetzigen und einigen vorherigen Mitgliedern der Arbeitsgruppe für das angenehme Klima und nicht immer physikalische Gespräche bei diversen Kaffeerunden: V. Berghof, Dr. C. Bressler, M. Dickgießer, Dr. K. Gödderz, M. Groen, Dr. X. Jian, Dr. M. Martins, H. Raaf, N. Schmitt, Dr. G. Sliwinski, Dr. U. Streller, V. Trumpf, I. Twesten und R. Weber. Eine besondere Rolle spielen natürlich die Mitglieder der Lasergruppe, nämlich K. Donovan und M. Bargheer, mit denen die Zusammenarbeit unkompliziert und sehr kurzweilig war. In diesem Zusammenhang muß auch ein Teil der Arbeitsgruppe Stehlik erwähnt werden, mit der das Lasersystem geteilt wurde, nämlich Dr. R. Dziewior, Dr. R. Diller und K. Heyne.

Ein großer Dank gilt natürlich der Werkstatt unter Leitung von Herrn Ellendt und Herrn Müller und der Elektronik unter der Leitung von Herrn Küssel. Herrn Beyer und seine Mitarbeitern aus dem Tieftemperaturlabor danke ich ganz besonders für die zuverlässige

Lieferung des Heliums und die schnelle Reparatur der Heber auch in fast aussichtslosen Fällen.

Last but not least danke ich meinen Eltern und meinem Bruder für ihre Unterstützung in allen Lebenslagen und natürlich Paolo, ohne den ich mir mein Leben nicht mehr vorstellen kann.

1

Lebenslauf

- 15.01.1967 geboren in Bielefeld als 2. Kind des Apothekers Dr. Horst Bammel und der PTA Erika Bammel, geb. Parry
- Juni 73 - Juni 77 Besuch der Grund- und Mittelpunktschule in Lutter
- August 77 - Juni 79 Besuch der Orientierungsstufe in Langelsheim
- August 79 - Juni 86 Besuch des Jacobson-Gymnasiums in Seesen
- Oktober 86 Beginn des Physikstudiums an der Georg-August-Universität in Göttingen
- Februar 89 Vordiplomprüfung
- Okt. 90 - Sept. 92 Diplomarbeit am MPI für Strömungsforschung in Göttingen in der Gruppe von Prof. J. P. Toennies:
Laser-Untersuchung von Natrium-Atomen nahe Metalloberflächen
- Okt. 92 Diplom an der Georg-August-Universität in Göttingen
- Feb. 93 - Sept. 93 Programmiertätigkeit am Göttinger Rechenzentrum
- Feb. 94 - Dez. 98 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachbereich Physik der FU Berlin in der Arbeitsgruppe von Prof. N. Schwentner