

## 13. KURZFASSUNG DER ARBEIT

Die vorliegende Arbeit beschreibt den Aufbau und die erfolgreiche experimentelle Nutzung einer Apparatur, mit der einzelne frei schwebende Partikel im Mikrometermaßstab mit Techniken der elastischen Lichtstreuung und mit der Raman-Spektroskopie beobachtet werden können. Als Modellsystem für atmosphärische Aerosolpartikel wurden Tröpfchen aus wässrigen Schwefelsäurelösungen untersucht. Einzelne Tröpfchen wurden in einer elektrodynamischen Falle abgekühlt und wieder aufgewärmt. Dabei traten Phasenübergänge und strukturelle Umwandlungen der festen Partikel auf.

Mithilfe der elastischen und inelastischen Lichtstreuung wurden aufschlußreiche Einblicke in molekulare, strukturelle und morphologische Veränderungen der Partikel gewonnen. Durch die Kombination dieser Techniken mit der elektrodynamischen Levitation konnten die Experimente unter weitgehend realistischen Bedingungen durchgeführt werden. Das große Potential dieser experimentellen Methodik für die Untersuchung physikochemischer Prozesse in atmosphärischen Aerosolsystemen zeigte sich in den Experimenten.

Die zur Interpretation der Meßdaten benötigten Informationen zu Eigenschaften der Lösungen, zu ihrem Raman-Spektrum und zur elastischen Lichtstreuung nach der Mie-Theorie wurden umfassend dargestellt. Dabei wurde auch beschrieben, wie Charakteristika der Raman-Emission aus sphärischen Streuern mit einfachen, teilweise selbst entwickelten Methoden simuliert werden können. Dadurch wurde das Verständnis der Einflüsse der Geometrie des Streuers auf die Raman-Emission in anschaulicher Weise vertieft.

Aus der Vielzahl der durchgeführten Experimente zu Phasenübergängen in einzelnen Schwefelsäurepartikeln wurden zwei für die detaillierte Darstellung in dieser Arbeit ausgewählt. Diese Darstellung schließt die Erläuterung der angewandten Auswertungsmethoden mit ein. Die beiden Experimente wurden unter gleichen Bedingungen durchgeführt und lieferten weitgehend identische Resultate. Die dadurch belegte Reproduzierbarkeit der experimentellen Beobachtungen unterstützt die vorgeschlagene Interpretation der Meßdaten.

Im Rahmen dieser Interpretation zeigte sich, daß zwar die Temperaturen der Phasenübergänge und Umwandlungen den thermodynamischen Erwartungen entsprachen, dies jedoch nicht für die Zusammensetzung der festen Partikel zwischen diesen Prozessen galt. Dieses Ergebnis hat Auswirkungen auf prognostizierte chemische und optische Eigenschaften atmosphärischer Aerosolpartikel sowie auf deren mögliche Entwicklungspfade während Temperaturveränderungen.



## 14. LISTE DER PUBLIKATIONEN

Krämer, B., Schwell, M., Hübner, O., Vortisch, H., Leisner, T., Rühl, E., Baumgärtel, H. und Wöste, L. Homogeneous ice nucleation observed in in single micro droplets. *Ber. Bunsenges. Phys. Chem.*, 1996, 100 (11): 1911–1914.

Krämer, B., Hübner, O., Vortisch, H., Leisner, T., Wöste, L., Schwell, M., Rühl, E. und Baumgärtel, H. Homogeneous ice nucleation rates in supercooled water measured in single levitated microdroplets. *J. Chem. Phys.*, 1999, 111 (14): 6521–6527.

Vortisch, H., Krämer, B., Weidinger, I., Wöste, L., Leisner, T., Schwell, M., Baumgärtel, H. und Rühl, E. Homogeneous freezing nucleation rates and crystallization dynamics of single levitated sulfuric acid solution droplets. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2000, 2: 1407–1413

Schwell, M., Baumgärtel, H., Weidinger, I., Krämer, B., Vortisch, H., Wöste, L., Leisner, T. und Rühl, E. Uptake Dynamics and Diffusion of HCl in Sulfuric Acid Solution Measured in Single Levitated Microdroplets. *J. Phys. Chem. A*, 2000, 104 (29): 6726–6732

Vortisch, H., Anhalt, K., Hübner, O., Krämer, B. und Leisner, T. The freezing of stratospheric clouds studied in single levitated microparticles. *J. Aerosol Sci.*, 2001, 32 (Supplement 1): S207–S208.

Stöckel, P., Vortisch, H., Leisner, T. und Baumgärtel, H. Homogeneous nucleation of supercooled liquid water in levitated microdroplets. *J. Mol. Liquids*, 2002, 96-97: 153–175

Die Veröffentlichung der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit ist geplant.



## 15. LEBENS LAUF



- 18.06.1971                      Geburt in Berlin.
- 1977 - 1981                      Besuch der Lietzensee-Grundschule in Berlin.  
1981 - 1983                      Besuch der Dietrich-Bonhoeffer-Grundschule, Berlin.  
1983 - 1990                      Besuch der Erich-Hoepner-Oberschule (Gymnasium),  
Berlin.
- Juni 1990                        Abitur.
- April 1991                        Beginn des Studiums der Physik an der Freien  
Universität Berlin.
- April 1993                        Vordiplom im Fach Physik.
- Oktober 1993 - Juli 1994      Zusätzliches Studium der Germanistik.
- Oktober 1996 - Juli 1998      Studentische Hilfskraft (Tutor) in der Vorlesung  
"Numerische Physik" und im Praktikum für  
Mediziner, Pharmazeuten und Geologen.
- 1.10.1996 - 18.03.1998        Laborpraktikum und Diplomarbeit in der Arbeits-  
gruppe von Prof. L. Wöste, FB Physik, FU Berlin.
- 17.07.1998                        Diplom im Fach Physik.
- Die Diplomarbeit wurde durch die Deutsche  
Gesellschaft für Massenspektrometrie mit dem  
Wolfgang-Paul-Studienpreis ausgezeichnet  
(gestiftet von Bruker Saxonia).
- 1.08.1998 - 30.11.1998        Vorbereitungen für die Doktorarbeit,  
Literaturrecherchen.
- ab 1.12.1998                      Aufbau der Apparatur, Durchführung der  
Experimente und Verfassen der vorliegenden Arbeit.
- 29.11.2001                        Geburt des Sohnes Tobias Anton.



## 16. DANKSAGUNG

Viele Menschen haben mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt. Ich möchte mich bei ihnen allen herzlich bedanken.

Herr Prof. Dr. Ludger Wöste hat mir die Bearbeitung dieses Projektes in seiner Arbeitsgruppe ermöglicht und mir dafür ein eigenes Labor zur Verfügung gestellt. Die Freiheit, die er mir gelassen hat, sein Vertrauen und seine Begeisterung für meine Experimente habe ich als außergewöhnlich empfunden. Dafür gebührt ihm mein ganz besonderer Dank. Darüber hinaus danke ich ihm für das wunderbare Klima, daß er in der Gruppe geschaffen hat.

Herr Prof. Dr. Baumgärtel danke ich für die wohlwollende Begleitung meiner Arbeit.

Thomas Leisner danke ich für die Betreuung dieser Arbeit. Sein technisches Können findet sich in vielen Details meiner Apparatur wieder. Die inhaltlichen Diskussionen mit ihm waren sehr wertvoll und haben mich immer wieder vorangebracht. Thomas verdanke ich auch den Einstieg in die LabView-Programmierung, die mir vielfach ein selbständiges Arbeiten ermöglichte. Ich wünsche ihm und seiner neuen Arbeitsgruppe in Ilmenau viel Erfolg und Spaß bei der zukünftigen Arbeit.

In der von Thomas Leisner geleiteten "Untergruppe Tröpfchen" habe ich mich sehr wohl gefühlt. Die vielen Diskussionen und Gespräche mit Friederike Weritz, Peter Stöckel, Juliane Klein, Inez Weidinger, Klaus Anhalt und Denis Duft haben mir großen Spaß gemacht. Der direkte Austausch mit meinen Mit-Doktorandinnen und -Doktoranden Friederike, Juliane, Inez, und Peter war immer wieder eine große Hilfe.

Viele weitere Mitglieder der Arbeitsgruppe haben mich unterstützt. Holger Wille und Steffen Frey halfen mir mit Rat und Gerät bei Fragen zu Optik und Spektroskopie. Von Holgers Fachwissen konnte ich, oft auch zu ungewöhnlichen Zeiten, bei der Behebung von Computerproblemen profitieren. Außerdem danke ich Alexandra und Holger Wille für ihren Anteil an meinem privaten Glück. Wiebke Zimmer danke ich für die Möglichkeit, bei ihren Experimenten am Femtosekundenlaser mitzuwirken. Marion Müllers Arbeit hat uns um Einblicke in die Meteorologie bereichert, und durch ihre Art hat sie oft Sonnenschein in die Gruppe gebracht. Frau Siegel danke ich dafür, daß sie mir den Kontakt mit der Arbeitsgruppe während des Schreibens dieser Gruppe sehr erleichtert hat. Ich bedanke mich bei allen Mitgliedern der Arbeitsgruppe für eine sehr schöne Zeit.

Peter Stöckel, Thomas Leisner, Friederike Weritz und Wilhelm Vortisch danke ich für die kritische Lektüre und hilfreiche Anmerkungen und Diskussionen. Sie haben der Qualität dieser Arbeit gut getan.

Die vielen Mitarbeiter der feinwerktechnischen Werkstatt, der Elektronikabteilung und der Tischlerei, mit denen ich während dieses Projektes zusammengearbeitet habe, haben mir immer sehr tatkräftig und schnell geholfen. Ich bedanke mich für diese Unterstützung.

In der Verwaltung des Fachbereichs haben Frau Üzel, Frau Theodos und insbesondere Frau Apelt stets dafür gesorgt, daß ich mich kaum um Formalien kümmern mußte. Frau Apelt hat darüber hinaus mehrfach und sehr vorausschauend an der Projektplanung mitgewirkt, wofür ich ihr besonders danken möchte.

Herrn Biller aus der Arbeitsgruppe von Herrn Baumgärtel danke ich dafür, daß er mir mit seinen besonderen technischen Fähigkeiten mehrfach bei der Überwindung von Problemen beim Aufbau der Apparatur geholfen hat.

Henry Heß gilt mein herzlicher Dank für seine wohlbedachten Ratschläge, die mir manches in einem anderen Licht erscheinen ließen, und für zwei unvergeßliche Aufenthalte in den USA. Ihm und seiner jungen Familie wünsche ich alles Gute für die Zukunft.

Johannes Endres hat mich zusammen mit seinen Kollegen in bester Nachbarschaftshilfe zweimal davor bewahrt, große Teile dieser Arbeit den Unzulänglichkeiten der Computertechnik opfern zu müssen. Danke!

Fachkollegen aus Deutschland, der Schweiz, Großbritannien, Japan und den USA haben meine Fragen am Telefon oder per Email schnell und ausführlich beantwortet und mir ihre Daten und Publikationen zugeschickt. Ich danke ihnen allen für diesen sehr fruchtbaren Austausch, der wesentlich zu wichtigen Gedankenschritten bei der Interpretation meiner Experimente beigetragen hat.

Katharina Wolf danke ich für ihre Liebe, ihre Geduld, ihre uneingeschränkte Unterstützung und für viele Dinge, die ich nicht in Worte fassen kann. Katharina und unser Sohn Tobias Anton haben mein Leben so viel reicher und glücklicher gemacht, wie ich es mir nie erträumt habe. Ich freue mich auf unsere gemeinsame Zukunft!