

# Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, welchen Einfluss Gase auf die elektronischen Eigenschaften von Kohlenstoff-Nanorohr- (SWNT)-Material haben. Dazu wurden systematische Experimente zur Wechselwirkung von 19 verschiedenen Gasen mit SWNT-, Graphit- und  $C_{60}$ -Oberflächen durchgeführt. Im Einzelnen waren dies Thermische Desorptions-Spektroskopie (TDS), Laserinduzierte Thermische Desorption (LITD) und elektrische 4-Punkt-Widerstandsmessungen sowie Messungen der Thermokraft. Alle Messungen wurden in einer im Rahmen dieser Arbeit aufgebauten UHV-Kammer durchgeführt. Die Bindungsenergien  $E_B$  der untersuchten Gase und deren Adsorptions- bzw. Desorptionskinetik wurden ermittelt. Die Mehrheit der Gase wechselwirkt nur schwach (Physisorption) mit den defektfreien Oberflächen. Diffusion durch das poröse SWNT-Material beeinflusst die Wechselwirkung mit den Gasen stark, was sich in einer Verbreiterung der TD-Spektren und einer Verschiebung zu höheren Temperaturen im Vergleich zu den Graphit-Spektren ausdrückt. An Inhomogenitäten in Form von funktionalisierten Defektstellen im SWNT-Material findet eine stärkere Wechselwirkung statt. Diese äußert sich in Veränderungen der elektrischen Leitfähigkeit, aufgrund von Ladungstransfer zwischen Adsorbat und Substrat (Dotierung) und einer extremen Verbreiterung der TD-Spektren der entsprechenden polaren Gase. Die Art der Majoritäts-Ladungsträger (Elektronen oder Elektronenlöcher) wurde durch die Thermokraftmessungen bestimmt. Inhomogenitäten sind auch die Orte, wo die hier nachgewiesene chemische Reaktion von  $NO_2$  stattfindet. Durch eine systematische Auswertung konnte die gemessene Wechselwirkung der Gase in Einflüsse von verschiedenen VdW-Potentialtermen (wie Dispersionsterm, Orientierungsterm, Dipol-induzierter Dipol-Term) aufgeteilt werden. Aussagen über das Benetzungsverhalten der Gase auf den drei Oberflächen sind aufgrund der durchgeführten Experimente ebenfalls möglich. Als herausragendes Beispiel sei Wasser genannt, das keine der untersuchten Oberflächen vollständig benetzt. Die untersuchten Wechselwirkungen sind für mögliche Anwendungen z.B. im Bereich der Sensorik von Interesse.



# Publikationen

Die im Rahmen dieser Arbeit veröffentlichten bzw. eingereichten Artikel.

- R. Zacharia, H. Ulbricht, T. Hertel, The interlayer cohesive energy of graphite from thermal desorption of polyaromatic hydrocarbons. Eingereicht bei Phys. Rev. **B**.
- H. Ulbricht, T. Hertel, Dynamics of  $C_{60}$  Encapsulation into Single-Wall Carbon Nanotubes. angenommen bei J. Phys. Chem. B.
- H. Ulbricht, G. Moos, T. Hertel, Wetting of Single-Wall Carbon Nanotube Ropes and Graphite, In: Molecular Nanostructures. (Eds.) H. Kuzmany, J. Fink, M. Mehring, S. Roth. 17th International Winter-school on Electronic Properties of Novel Materials, Kirchberg, Austria. AIP Conference Proceedings **685** (2003), 152-155.
- H. Ulbricht, G. Moos, T. Hertel, Interaction of  $C_{60}$  with Carbon Nanotubes and Graphite, Phys. Rev. Lett. **90** (9) (2003), 095501–1-4.
- H. Ulbricht, G. Moos, T. Hertel, Interaction of Molecular Oxygen with Single-Wall Carbon Nanotube Bundles and Graphite, Surf. Sci. **532** (2003), 852-856.
- H. Ulbricht, G. Moos, T. Hertel, Interaction of  $O_2$  and  $C_{60}$  with Single-Wall Carbon Nanotube Bundles from Thermal Desorption Spectroscopy, In: Structural and Electronic Properties of Molecular Nanostructures. (Eds.) H. Kuzmany, J. Fink, M. Mehring, S. Roth. 16th International Winterschool on Electronic Properties of Novel Materials, Kirchberg, Austria. AIP Conference Proceedings **633** (2002), 332-335.
- H. Ulbricht, J. Kriebel, G. Moos, T. Hertel, Desorption Kinetics and Interaction of Xe with Single-Wall Carbon Nanotube Bundles, Chem. Phys. Lett. **363** (3-4) (2002), 252-260.

- H. Ulbricht, G. Moos, T. Hertel, Physisorption of Molecular Oxygen on Single-Wall Carbon Nanotube Bundles and Graphite, *Phys. Rev. B* **66** (7) (2002), 075404–1-7.

# Danksagung

Hier möchte ich die Gelegenheit nutzen, um mich bei denen zu bedanken, die zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Zuerst möchte ich Herrn Prof. Dr. Gerhard Ertl für die Möglichkeit, diese Arbeit am Fritz-Haber-Institut anfertigen zu können, und die großzügige Unterstützung während der gesamten Zeit meiner Tätigkeit herzlich danken. Es hat Freude gemacht, am Institut zu arbeiten.

Herrn Prof. Dr. Martin Wolf danke ich für sein Interesse an meiner Arbeit und die Übernahme der Zweitbegutachtung.

Dr. Tobias Hertel möchte ich besonders danken als Betreuer meiner Arbeit, die er mit vielen Ideen und Begeisterung immer wieder vorangetrieben hat. Durch seine physikalische Intuition und seine Diskussionsbereitschaft hat er mir den Einstieg in das wissenschaftlich-experimentelle Arbeiten ermöglicht.

Dr. Gunnar Moos danke ich sehr für die gemeinsam durchgeführten Experimente und die Diskussionen, bei denen ich viel gelernt habe und die mir viel Freude bereitet haben. Für das angenehme und herzliche Arbeitsklima danke ich Dr. Daniel Denzler, Dr. Ray Dudek, Dr. Christian Frischkorn, Axel Hagen, Steffen Wagner und Renju Zacharia. Nesibe Cindir und Anne-Isabelle Henry danke ich für tatkräftige Unterstützung bei einigen Experimenten. Für die schnelle und professionelle Hilfe in den Werkstätten und dem Elektronik-Labor danke ich stellvertretend Peter Tesky und Georg Heyne.

Für Hinweise zu Korrekturen an früheren Versionen dieser Arbeit danke ich Christian Brumm und Steffen Wagner. Ingeborg Reinhardt danke ich sehr für die akribische Durchsicht der Arbeit.

Meiner Familie und meinen Freunden danke ich für vielfältige Unterstützung.

Sylke danke ich für ihre Geduld während der letzten Monate, ihre aufbauenden Worte und Zuneigung und die Erinnerung daran, dass die Arbeit nicht alles im Leben ist.



# Lebenslauf

## **Hendrik Ulbricht**

geb. 04.10.1972 in Berlin

### **Ausbildung**

- 09/1989 - 07/1992 Berufsausbildung (Baufacharbeiter) mit Abitur  
am 2. Gymnasium Berlin-Hohenschönhausen
  
- 10/1992 - 12/1993 Zivildienst
  
- 04/1994 - 09/1996 Physikstudium (Grundstudium) an der TU Berlin; Vordiplom
  
- 09/1996 - 09/1997 Physikstudium an der TU Berlin
  
- 10/1997 - 09/1998 Physikstudium an der Universität Wien
  
- 10/1998 - 10/2000 Physikstudium an der TU Berlin
  
- 04/1999 - 08/2000 Diplomarbeit am Albert-Einstein-Institut (Max-Planck-Institut  
für Gravitation) in Golm bei Potsdam unter der Leitung  
von Dr. habil. R. Loll
  
- 10/2000 Diplom am Institut für Theoretische Physik der TU Berlin
  
- 12/2000 - 11/2003 Anfertigung der Doktorarbeit am Fritz-Haber-Institut  
der MPG in Berlin unter der Leitung von Prof. Dr. G. Ertl

