

# Apparative Komponenten

Im Folgenden sind die wichtigsten in den Versuchsaufbauten verwendeten apparativen Komponenten aufgeführt. Standard-Laborgeräte (Multimeter, Oszilloskope, Vakuumpumpen etc.) und im Eigenbau hergestellte Geräte sind weggelassen.

## 2PPE-Experiment am Fritz-Haber-Institut der MPG (Aufbau A)

### Optischer Aufbau

- Argon-Ionen-Laser: Coherent, Innova 400
- Ti:Saphir-Oszillator: Coherent, Mira 900 F
- Regenerativer Verstärker: Coherent, RegA 9000
- Optisch-Parametrischer Verstärker: Coherent, OPA 9400
- Autokorrelator: APE Berlin
- Gitterspektrometer: B & M; Diodenzeile, Hamamatsu, C4350

### Datenaufnahme

- Computer: PC, Intel Pentium II 266 MHz, Asus P2B 440 BX, 128 MB RAM, ELSA Winner 2000/Office AGP.
- Multifunktions-Meßkarte: National Instruments, PCI-16 MIO E-1, Part No. 183455C-01
- GPIB Karte: National Instruments, PCI-GPIB, Part No. 183617C-01
- Software: NI-Labview 5.0.1, NI-DAQ 6.1.1, NI-488.2M
- DC-Motor Controller: Physik Instrumente, C-812

### Elektronik zur Flugzeitmessung

- Fast-Timing Preamplifier VT 120
- Pico-Timing Discriminator, Modell 9307
- 100 MHz Discriminator, Modell 436

- Time-to-Amplitude Converter/Single Channel Analyzer, Modell 567
- Modular System Bin, Modell 4001C
- Log/Lin Ratemeter, Modell 449

## **2PPE-Experiment an der Freien Universität Berlin (Aufbau B)**

### **Optischer Aufbau**

- Vanadate Diodenlaser, Coherent, Verdi V5 zum Pumpen des Oszillators
- Vanadate Diodenlaser, Coherent, Verdi V10 zum Pumpen des regenerativen Verstärkers
- Ti:Saphir-Oszillator, Coherent, Mira SEED
- Regenerativer Verstärker, Coherent, RegA 9050
- Optisch-Parametrischer Verstärker für 760-460 nm, Coherent, OPA 9450
- Optisch-Parametrischer Verstärker für 1050-1600 nm, Coherent, OPA 9850
- Autokorrelator: APE Berlin
- Gitterspektrometer: B & M; Diodenzeile, Hamamatsu, C4350
- IR-Spektrometer: WaveScan, APE Berlin

### **Datenaufnahme**

- Computer: PC, 2x Pentium III 1.27 GHz, Systemspeicher 1.75 GB
- Multifunktions-Meßkarte: National Instruments, PCI-16 MIO E-1, Part No. 183455C-01
- Software: NI-Labview 6.1, NI-DAQ 6.1.1, NI-488.2M
- DC-Motor Controller, Physik Instrumente, C-844

### **Elektronik zur Flugzeitmessung**

- Fast-Timing Preamplifier VT 120
- Pico-Timing Discriminator, Modell 9307
- 100 MHz Discriminator, Modell 436
- Time-to-Digital Converter, FAST-Comtec p7887
- Modular System Bin, Modell 4001C
- Log/Lin Ratemeter, Modell 449

# Abkürzungen

AES	Auger-Elektronenspektroskopie
ASW	engl. <i>amorphous solid water</i> , bei $T < 130$ K aufgedampftes amorphes Eis
BL	Bilage (meist geordnete $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ -Struktur von Wasser auf Ru(001) bzw. dazu äquivalente Bedeckung)
DCM	Dielektrisches Kontinuumsmodell
$e_{CB}$	sich vom Leitungsbands der Eisschicht (engl. „ <i>conduction band</i> “) ableitender 2PPE-Peak
$e_T$	(2P)PE-Peak eingefangener Elektronen in kristallinem Eis (engl. „ <i>trapped electrons</i> “)
$e_S$	2PPE-Peak solvatisierter Elektronen in amorphem Eis (engl. „ <i>solvated electrons</i> “)
FUB	Freie Universität Berlin
FHI	Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft
fwhm	volle Halbwertsbreite (engl. „ <i>full width at half maximum</i> “)
GVD	engl. „ <i>group velocity dispersion</i> “, Gruppengeschwindigkeitsdispersion
hwhm	halbe Halbwertsbreite (engl. „ <i>half width at half maximum</i> “)
ML	Monolage
SHG	engl. „ <i>second harmonic generation</i> “, Erzeugung der zweiten Harmonischen
SPM	Selbstphasenmodulation
TDS	Thermische Desorptionsspektroskopie
UHV	Ultrahochvakuum
UV	ultraviolett, Licht mit Wellenlängen $< 400$ nm
VIS	engl. „ <i>visible</i> “, für Licht im sichtbaren Wellenlängenbereich (400–800 nm)
ZGP	Zwischengitterplatz
2PPE	Zwei-Photonen-Photoemission



# Publikationen

## Veröffentlichungen im Rahmen dieser Arbeit

C. Gahl, U. Bovensiepen, Chr. Frischkorn und M. Wolf.

Ultrafast electron transfer and solvation dynamics in amorphous ice layers on Cu(111).

*Ultrafast Phenomena XIII*, Editoren: R. J. D. Miller, M. M. Murnane, N. F. Scherer und A. Weiner (Springer, Berlin, 2002) 307–309

C. Gahl, U. Bovensiepen, Chr. Frischkorn und M. Wolf.

Ultrafast dynamics of localization and solvation in ice layers on Cu(111).

Physical Review Letters **89**, 10, (2002) 107402

C. Gahl, U. Bovensiepen, Chr. Frischkorn, K. Morgenstern, K.-H. Rieder und M. Wolf.

Ultrafast electron solvation dynamics in D<sub>2</sub>O/Cu(111): Influence of coverage and structure. Surface Science **532–535**, (2003) 108–112

U. Bovensiepen, C. Gahl und M. Wolf.

Solvation dynamics and evolution of the spatial extent of photoinjected electrons in D<sub>2</sub>O/Cu(111)

Journal of Physical Chemistry B **107**, (2003) 8706–8715

M. Lisowski, P. A. Loukakos, U. Bovensiepen, J. Stähler, C. Gahl und M. Wolf.

Ultrafast dynamics of electron thermalization, cooling and transport effects in Ru(001).

Applied Physics A **78**, (2004) 165–176

U. Bovensiepen, C. Gahl, J. Stähler, P. A. Loukakos und M. Wolf.

Femtosecond dynamics of electron localization, solvation and transfer processes at ice–metal interfaces.

Eingereicht bei Israel Journal of Chemistry

D. N. Denzler, C. Gahl, S. Wagner, R. Dudek, J. Stähler, Chr. Frischkorn, U. Bovensiepen, M. Wolf und G. Ertl.

Structural implications from the vibrational and electronic properties of the first layers of D<sub>2</sub>O on Ru. In Vorbereitung für Journal of Physical Chemistry B

I. Andrianov, T. Klamroth, P. Saalfrank, U. Bovensiepen, C. Gahl und M. Wolf.

Quantum theoretical study of electron solvation dynamics in ice layers on a Cu(111) surface. In Vorbereitung für Physical Review B

### Veröffentlichungen zu verwandten Themen

G. Moos, C. Gahl, R. Fasel, M. Wolf und T. Hertel.

Anisotropy of quasiparticle lifetimes and the role of disorder in graphite from ultrafast photoemission spectroscopy.

Physical Review Letters **87**, 10, (2001) 267402

C. Gahl, K. Ishioka, Q. Zhong, A. Hotzel und M. Wolf.

Structure and dynamics of excited electronic states at the adsorbate/metal interface: C<sub>6</sub>F<sub>6</sub>/Cu(111).

Faraday Discussions **117**, (2000) 191

K. Ishioka, C. Gahl und M. Wolf.

Femtosecond dynamics of image potential states of C<sub>6</sub>F<sub>6</sub>/Cu(111) studied with two-photon photoemission.

Surface Science **454**, (2000) 73

X.-Y. Zhu, T. Vondrak, H. Wang, C. Gahl, K. Ishioka und M. Wolf.

Photo-induced electron transfer to molecular quantum structures on a metal surface.

Surface Science **451**, (2000) 244

Q. Zhong, C. Gahl und M. Wolf.

Two-photon photoemission spectroscopy of pyridine adsorbed on Cu(111).

Surface Science **496**, (2002) 21

# Danksagung

An erster Stelle möchte ich hier Martin Wolf für die Betreuung dieser Arbeit danken. Von seinem breiten Wissen sowohl auf physikalischem wie auf experimentellem Gebiet habe ich viel profitiert. Seine wissenschaftliche Neugier und Diskussionsbereitschaft, aber auch sein Ideenreichtum haben das Projekt immer wieder voran gebracht. Von seiner Seite konnte ich mir während der gesamten Zeit der vollen Unterstützung für meine Arbeit sicher sein. Ich möchte hier auch nicht unerwähnt lassen, dass sein Führungsstil entscheidend zu dem sehr angenehmen Arbeitsklima in seiner Arbeitsgruppe beiträgt.

Herrn Rieder, dem Zweitgutachter dieser Arbeit, sei gedankt für sein Interesse an dieser Arbeit, das in Form der Zusammenarbeit in der Strukturaufklärung von Eis auf Cu(111) auch konkreten Eingang gefunden hat.

Herrn Ertl möchte ich dafür danken, dass ich einen Teil der Arbeit in seiner Abteilung am Fritz-Haber-Institut (FHI) durchführen konnte. Sein Geist war sehr prägend für die Arbeitsatmosphäre am FHI (und ist zum Teil wohl auch an die FU weitergetragen worden). Ich habe Herrn Ertl für mich immer als eine Art „Doktorgroßvater“ empfunden.

In diesem Zusammenhang sei auch meinen Mitarbeitern im Labor am FHI Gunnar Moos, Daniel Denzler und Christian Hess herzlich für die fruchtbare wissenschaftliche Zusammenarbeit, aber auch für das menschliche Miteinander gedankt, das auch über die Laborwände hinausreicht.

Für meine Zeit an der Freien Universität Berlin gilt mein Dank besonders Uwe Boven-siepen, mit dem ich in unzähligen Diskussionen in unserem Büro Probleme des Projekts und der Physik allgemein gewälzt habe. Gerade in der Spätphase der Arbeit war mir seine unermüdliche Unterstützung eine große Hilfe.

Die Untersuchungen an der Ru(001)-Oberfläche sind in Zusammenarbeit mit Julia Stähler entstanden. Zahlreiche gemeinsame Messtage und -nächte und ein reger Gedankenaustausch haben ihren Teil zu dieser Arbeit beigetragen, wofür ich ihr danken möchte.

Vielen Dank auch den übrigen Mitarbeitern der Arbeitsgruppe Wolf für die rundum nette Zusammenarbeit, allen voran Martin Lisowski, von dem ich viel in technischer Hinsicht gelernt habe und der dem Wasserprojekt so manchen zusätzlichen Messtag eingeräumt hat, und Panagiotis Loukakos, der sich viel für das Lasersystem eingesetzt hat, Christian Frischkorn, der auch in Wasser und Eis involviert war, aber auch Patrick Kirchmann und den Mitarbeitern der anderen Experimente. Nicht vergessen werden dürfen an dieser Stelle Peter West, der in vielen technischen Fragen der richtige Ansprechpartner war, und Dietgard Malwitz, die immer behilflich war im Kampf gegen die Bürokratie.

Michael Mehlhorn und Karina Morgenstern gilt mein Dank für die Zusammenarbeit bei den STM-Untersuchungen.

Ulrich Höfer und Wolfram Berthold möchte ich dafür danken, dass sie mir das Programm zur Auswertung der Quantenschwebungen zur Verfügung gestellt haben.

Auch die Werkstätten am Fritz-Haber-Institut und am Fachbereich Physik haben so manches Mosaiksteinchen zu dieser Arbeit beigetragen.

Als letztes gilt mein ganz besonderer Dank meiner Familie, die mich und diese Arbeit immer unterstützt und getragen hat. Einen besonderen Orden hat neben meiner Frau Birgit meine Schwiegermutter verdient, die so manches Mal angereist ist, um den Tag und Nacht abwesenden Familienvater zu ersetzen.

# Akademischer Lebenslauf

## Christoph Cornelius Gahl

- \*12.11.1969      in Frankfurt am Main
- 06/89      Abitur, Immanuel-Kant-Gymnasium Bad Oeynhausen
- 08/89–10/90      Zivildienst beim Diakonischen Werk, Bad Oeynhausen
- 10/89–03/91      Jungstudent mit Hauptfach Violoncello, Musikhochschule Detmold
- 04/91–03/94      Studium Orchester- und Ensemblesmusik, Musikhochschule des Saarlands, Saarbrücken
- 04/94–02/00      Studium Meteorologie und Physik, Freien Universität Berlin
- 04/98–11/99      Diplomarbeit am Fritz-Haber-Institut der MPG  
02/00      Diplom am Fachbereich Physik, Freie Universität Berlin
- 05/00–06/04      wissenschaftlicher Mitarbeiter mit dem Ziel der Promotion  
in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Martin Wolf
- 05/00–08/01      am Fritz-Haber-Institut, Abteilung Physikalische Chemie  
von Prof. Dr. Gerhard Ertl
- 08/01–06/04      am Fachbereich Physik der Freien Universität Berlin