

Albrecht Winnacker



# Albrecht Winnacker

Albrecht Winnacker wurde 1942 in Frankfurt/M geboren, sein Abitur legte er 1961 am Taunusgymnasium Königstein ab. Es folgte das Studium der Physik an den Universitäten Freiburg, Göttingen, Paris und Heidelberg. Er promovierte in Heidelberg. Nach einer Postdoczeit von 1970 – 72 an der University of California, Berkeley, habilitierte er sich 1976 in Heidelberg, wo er seine erste Professorenstelle (Experimentalphysik) innehatte. Nach einem Forschungsaufenthalt in den IBM Forschungslaboratorien in San Jose, California, wechselte er 1986 in die Zentralen Forschungslaboratorien der Siemens AG, wo er zuletzt die Fachabteilung Verbindungshalbleiter und Leuchtstoffe leitete. Im Jahr 1991 übernahm er den Lehrstuhl "Werkstoffe der Elektrotechnik" an der Universität Erlangen. Er war engagiert in der akademischen Selbstverwaltung und von 2001 bis 2005 Dekan der Technischen Fakultät der Universität. Durch Betreuung von Doktorarbeiten in der Zentralen Forschung von Siemens und jährliche Forschungsaufenthalte in den Forschungslaboratorien der IBM in San Jose blieb er weiterhin der Industrieforschung verbunden. Nach seiner Pensionierung in Erlangen im Jahr 2009 wurde er als Gründungsdirektor des entstehenden "Centres for advanced materials (CAM)" mit dem Status eines "Seniorprofessors" an die Universität Heidelberg berufen. Nach Fertigstellung des Instituts im Sommersemester 2017 wurde er zu dessen Ehrendirektor ernannt.

Der Schwerpunkt von Winnackers Arbeiten liegt auf dem Gebiet der Halbleitermaterialien, insbesondere der Verbindungshalbleiter und der Organischen Halbleiter. Eine Ausgründung aus seinem Erlanger Lehrstuhl, die SiCrystal AG, ist heute einer der beiden führenden Lieferanten des Halbleitermaterials Siliziumkarbid auf dem Weltmarkt, das eine wichtige Rolle für die moderne Leistungs- und Hochtemperaturelektronik spielt.

*Albrecht Winnacker*

1984 erschien von ihm das Buch "Physik von Maser und Laser".  
Albrecht Winnacker ist Mitglied der Heidelberger Akademie der  
Wissenschaften und der nationalen Akademie für Technikwissen-  
schaften acatech.

*Albrecht Winnacker*

## **Vom Physiker zum Materialwissenschaftler**

Genau besehen muss ich wohl mit einer Rechtfertigung beginnen, warum ich in dieser Reihe "Heidelberger Physiker berichten" überhaupt zu Wort kommen darf. Schließlich haben die meisten der Kollegen, die hier berichtet haben, die längste Zeit ihres beruflichen Lebens als Hochschullehrer an der Universität Heidelberg verbracht. Ein entsprechendes Kriterium würde mich nicht als "Heidelberger Physiker" ausweisen, aber vielleicht darf ich zu meiner Rechtfertigung zunächst auf folgenden Umstand verweisen: Als mir im Jahre 2010 Rektor Eitel in seinen Amtsräumen in der Alten Universität meine Ernennungsurkunde zum Seniorprofessor der Universität Heidelberg übergab, konnte ich auf den vermutlich nicht alltäglichen Umstand verweisen, dass dies das vierte Mal war, dass ich eine Ernennungsurkunde zum Heidelberger Physikprofessor in diesen Räumlichkeiten entgegennahm. Das erste Mal geschah dies mit der Ernennung zum "Professor der Experimentalphysik" als Extraordinarius im Jahre 1980, zum zweiten Mal bei der Ernennung zum apl. Professor bei meinem Wechsel in die Siemens Forschungslaboratorien, das dritte Mal bei der Auszeichnung als Honorarprofessor der Fakultät für Physik und Astronomie im Jahre 2004, und dann eben die Ehrung als Seniorprofessor im Jahre 2010. Schon diese "Eckpunkte", so denke ich, deuten auf eine wechselvolle Laufbahn hin, wie es auch in dem Titel "Vom Physiker zum Materialwissenschaftler" anklingt, aber eben auch auf eine fortdauernde, in verschiedenen Funktionen immer wieder erneuerte Verbindung zur Heidelberger Universität und Physik. Schon vor dem Empfang meiner ersten Professoren-

urkunde hatte ich übrigens prägende Jahre an der Fakultät für Physik verbracht. Aber immer der Reihe nach!

Ich wurde in Frankfurt/M geboren. Wenn man an frühkindliche Prägungen glaubt, dann ist vielleicht meine Neigung zur industriellen Anwendung der Wissenschaft, von der noch die Rede sein wird, eine Folge der Tatsache, dass ich meine ersten Lebensjahre innerhalb eines Industriegeländes verbrachte. Mein Vater war Chemiker in dem Werk Höchst der damaligen IG Farbenindustrie, und damals war es üblich, dass die Leiter von Betrieben in Häusern auf dem Firmengelände wohnten. Die Chemiedämpfe waren erheblich, ich warte noch auf die Spätschäden. Aufgewachsen bin ich aber in der guten Taunusluft, im Luftkurort Königstein. Am dortigen Taunusgymnasium legte ich 1961 mein Abitur ab.

Dass ich wohl schon recht früh ein Studium der Physik ins Auge gefasst hatte, spiegelt sich in der Tatsache wider, dass ich für die Oberstufe des Gymnasiums den sprachlichen, nicht den mathematischen Zweig wählte, den klugen Rat befolgend, dass ich die Physik und Mathematik ja im Studium später sowieso lernen würde. Ein wenig mag freilich bei dieser Entscheidung auch der Umstand eine Rolle gespielt haben, dass die attraktiven Mädchen unseres Jahrgangs alle den sprachlichen Zweig wählten.

Bei der Entscheidung für ein naturwissenschaftliches Studium spielte sicherlich das Elternhaus eine wichtige Rolle. Mein Vater war Chemiker, und obwohl in leitender Funktion in der Chemischen Industrie tätig, gehörte seine Liebe der Wissenschaft, in deren Organisationen und Gremien er sich in seinen vielen ehrenamtlichen Nebenämtern betätigte, so dass er viel aus der Welt der Wissenschaft berichten konnte. Mein älterer Bruder hatte sich schon für die Chemie als Studienfach entschieden. Er dürfte vielen bekannt sein als langjähriger Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft und erster Generalsekretär des European Research Councils.

Jedenfalls begann ich also im Jahr 1961 mein Studium der Physik. Bis zum Vordiplom studierte ich in Freiburg, dann in Göttingen und Paris, ehe ich zur Diplomarbeit nach Heidelberg

kam. Es gab damals noch keine getrennten Mathematikvorlesungen für Physiker und Mathematiker. Wie ähnlich das Grundstudium der Physik dem der Mathematik war, geht aus der Tatsache hervor, dass ich erst bei der Anmeldung zum Vordiplom in Freiburg bemerkte, dass ich mich irrtümlich für Mathematik eingeschrieben hatte. Ich dachte, das sei das gleiche Studium, hatte ich doch an der Schule immer nur von Leuten gehört, die "Mathematik und Physik" studierten. So ahnungslos war man seinerzeit.

Als ich 1965 nach Heidelberg kam, war die Erinnerung an den kurz zuvor verstorbenen Hans Kopfermann als Direktor des 1. Physikalischen Instituts noch sehr lebendig. Seine engsten Mitarbeiter, Ernst-Wilhelm Otten und Gisbert zu Putlitz, setzten seine Arbeiten auf dem Gebiet der optischen Doppelresonanz fort. Ich begann meine Arbeit bei Otten, der damals im Endstadium seiner Habilitationsschrift stand, und so war auch meine Diplomarbeit seinem Habilitationsthema der "Kohärenten Vielfachstreuung" gewidmet. Meine erste Aufgabe bestand in der Inbetriebnahme eines Pumpstandes, einer Quecksilberdiffusionspumpe. In seiner wortkargen Art instruierte mich Otten kurz dahingehend, ich solle in die Glashähne zuerst noch einen Faden einlegen. Ich grübelte, warum man wohl in die Glashähne zur Dichtung einen Faden einlegen müsse, bis ein Labornachbar mich aufklärte, Otten hätte vermutlich einen Faden aus Vakuumfett gemeint.

In dieser Zeit war Joachim Heintze neu ans Institut als Nachfolger von Kopfermann gekommen. Er kam aus Genf vom Cern und vertrat ein völlig anderes Fachgebiet, die Elementarteilchenphysik, und so kam es, dass er, obwohl ursprünglich aus Heidelberg stammend, den jungen Leuten völlig unbekannt war. So konnte man sich den Scherz erlauben, dass kurz vor seiner Ankunft ein älterer Besucher durch die Labors geführt wurde, der sich als der neue Institutschef Heintze ausgab, die dümmsten Fragen stellte und die sonderbarsten Kommentare von sich gab. Es wurde dann heimlich auf Band aufgenommen, was die Leute sagten, als der

merkwürdige Besucher das Labor verlassen hatte. Ich habe diese lustigen Aufzeichnungen noch zu hören bekommen.

Es ging überhaupt damals recht lustig zu, Herr zu Putlitz hat diese Atmosphäre in seinem Vortrag in dieser Reihe<sup>1</sup> treffend geschildert. Das Institut war eigentlich unser Zuhause, und irgendwann abends gegen 10 Uhr begab sich einer der Jungphysiker auf einen Rundgang durchs Institut und suchte einen Gefährten, der noch mit in die Dorfschänke zu einem Glas Bier ging. Aber natürlich wurde auch bei diesem Glas Bier über Physik gesprochen. Einen Schluck Wein hatte es bei diesem Rundgang vorher vielleicht auch schon im Labor des Kollegen von Sichart gegeben, ein Pfälzer, der hinter den Aufbauten seiner Apparatur stets eine Kiste Pfälzer Weins stehen hatte, von welchem er sich bei abendlichen Messungen immer mal ein Schlückchen gönnte. Das war der berühmte von Sichartsche Messwein.

Meine Doktorarbeit führte ich in der Arbeitsgruppe von Hans Ackermann durch, später Professor in Marburg. Mich reizte an seinem Thema, dass es aus der Welt des Laboratoriums hinausführte in die Welt der großen Forschungsmaschinen, in diesem Fall kein Beschleuniger, sondern der Forschungsreaktor 2 im Kernforschungszentrum Karlsruhe. Es ging darum, die magnetischen Kernmomente kurzlebiger Betastrahler zu bestimmen. Zu diesem Zwecke wurde durch unsere fünfköpfige Arbeitsgruppe, zu der auch Dirk Dubbers gehörte, ein gewaltiges Experiment in der Reaktorhalle aufgebaut, bestehend aus einem Strahl spinpolarisierter thermischer Neutronen, einem geeigneten Target, in dem die kurzlebigen Kerne durch Neutroneneinfang erzeugt wurden, einem Heliumkryostaten,  $\beta$ -Zählern, Auslese- und modernster Steuerelektronik.

Abb. 1 zeigt das Team des Aufbaus des FR2 Karlsruhe Experiments. Es fehlt unser Karlsruher Kollege P. von Blanckenhagen.

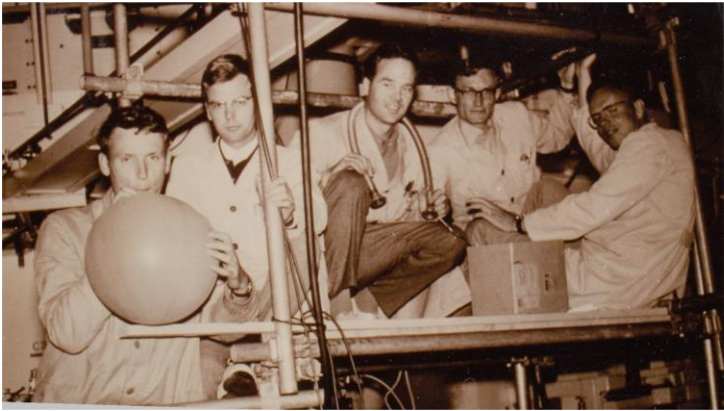
Es stand uns dauerhaft, für Jahre, ein Neutronenstrahlrohr des Instituts für Angewandte Kernphysik, damals geleitet von Prof.

---

<sup>1</sup> S. Bd. 2



Beckurts, zur Verfügung, eine noble Gabe, wenn man bedenkt, dass solche Strahlzeiten oft nach Stunden oder Tagen bemessen sind. Ganz so dauerhaft hatte es sich der Spender wohl nicht vorgestellt. Es begab sich, dass zu Beginn unserer Aufbauarbeiten Beckurts zu einem Sabbatical nach USA aufbrach. Als er nach etwa  $\frac{3}{4}$  Jahren zurückkehrte, zeigten wir ihm stolz den imposanten Aufbau, den wir inzwischen errichtet hatten und erwarteten, dass er in bewundernde Rufe ausbrechen würde. Er sagte aber nur, nach einer Zeit nachdenklicher Betrachtung: "So leicht kann man das ja gar nicht wieder abbauen!"



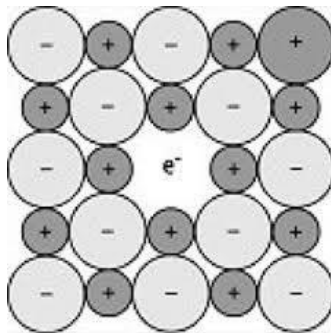
**Abb. 1.** Team des Aufbaus des FR2 Karlsruhe Experiments: Dirk Dubbers, Paul Heitjans, Hans Ackermann, Jost Mertens, Albrecht Winnacker (von links).

Für den Erfolg des Experimentes und der Doktorarbeit hing alles daran, die Kernresonanz des instabilen Kerns zu entdecken, und eines nachts, als Dubbers und ich in der Reaktorhalle neben der laufenden Apparatur standen, erschien auf der Zählelektronik des  $\beta$ -Zerfalls das sehnlich erwartete Spinresonanzsignal und wir konnten Ackermann, der gerade Winterferien auf einer tief verschneiten Alpenhütte machte, per Telegramm mit dem Text:

$$\mu(^{116}\text{In}) = 2,7 \mu_K$$

das magnetische Moment des Indiumisotops  $^{116}\text{In}$  (Halbwertszeit 14 sec) übermitteln. Es folgte die Bestimmung des magnetischen Momentes des  $\beta$ -Strahlers  $^{110}\text{Ag}$ . Das Rennen war, wie man so sagt, gelaufen.

Nach der Promotion 1970 ging ich für etwa  $1\frac{1}{2}$  Jahre als Postdoc an die Universität von Berkeley, Kalifornien. In zweierlei Hinsicht war dies eine wichtige Zeit. Erstens arbeitete ich dort tagtäglich im Labor mit einem großen Meister der Experimentalphysik zusammen, Linn Mollenauer. Das war zugleich lehrreich und ergiebig. Zum zweiten erhielt ich dort wichtige Anregungen für mein zukünftiges Arbeitsgebiet. Ähnlich wie die Doppelresonanzgruppe in Heidelberg führte Mollenauer spektroskopische Untersuchungen durch mittels kombinierter Anwendung von Licht- und Mikrowellenstrahlung, aber nicht angewandt auf Atome, sondern auf Punktdefekte in Festkörpern. Seine Experimente galten dem Prototyp eines solchen Defektzentrums, dem F-Zentrum.



**Abb. 2.** Das F-Zentrum in Alkalihalogeniden, ein "atomähnliches" System.

Abb. 2 zeigt schematisch die Struktur des F-Zentrums in Alkalihalogeniden. Ein Elektron ersetzt ein fehlendes Halogen-Ion.

Mollenauer untersuchte die Eigenschaften der F-Zentren in Alkalihalogeniden, den  $g$ -Faktor in Grund- und Anregungszustand,

die räumliche Ausdehnung der Wellenfunktion, Hyperfeinwechselwirkung mit den umliegenden Kernen etc.

Diese spektroskopischen Arbeiten über die Punktdefekte in Kristallen standen noch am Anfang. Etwa zeitgleich mit meiner Rückkehr nach Heidelberg verließ auch Mollenauer Berkeley und trat in die Bell Labs ein, wo er in der Folge wichtige Entdeckungen machte, wie die abstimmbaren Farbzentrenlaser und die Solitonenausbreitung in Lichtleitern. Für mich war die Konsequenz, dass ich dieses neue und vielversprechende Arbeitsgebiet mitnehmen konnte, d.h. es ging um die in der Doppelresonanzgruppe im Prinzip geläufigen Methoden, aber um ihre Anwendung nicht mehr auf Atome, sondern auf Punktdefekte in Festkörpern. Dies war mein Einstieg in die Festkörperphysik, und im Grund auch in die anwendungsbezogene Materialphysik, da Punktdefekte häufig maßgebend sind für die Eigenschaften der Festkörper, und für Funktionen aller Art, z.B. elektronische Anwendungen, genutzt werden können. So konnte ich mich schon bald nach meiner Rückkehr, nämlich im Jahr 1976, habilitieren mit einer Arbeit aus diesem Gebiet. Sie hatte zum Thema "Optisches Pumpen von Farbzentren". Ich baute in diesen Jahren eine Arbeitsgruppe auf, die sich dann nach meiner Ernennung zum Professor der Experimentalphysik im Jahr 1980 weiter vergrößerte. Als Inhaber einer Dauerstelle als Professor der Existenzsorgen enthoben, war dies eine fruchtbare Zeit, in der man gelegentlich auch ganz andere Themen als die der Punktdefekte aufgreifen konnte. Zum Beleg für das freie Walten des Forschergeistes zeige ich die Titelseiten einiger Veröffentlichungen aus dieser Zeit, die mit meinem Hauptarbeitsgebiet kaum etwas zu tun hatten.

Die Arbeit "Dynamic Nuclear Polarization of Irradiated Targets" (Abb. 3) kam so zustande. Vernon Hughes von der Yale University, über Jahrzehnte ein enger Kooperationspartner von Prof. zu Putlitz, war in Heidelberg zu Besuch und berichtete dort von seinen Versuchen zur Streuung hochenergetischer Elektronen an polarisierten Protonentargets in Stanford. Wegen dessen hohen Protonenanteils verwendete er gefrorenes Ammoniak als Target,

wobei die Protonen nach der Methode der dynamischen Kernpolarisation (Dynamic nuclear polarization DNP) polarisiert werden sollten, eine Methode, die mir seit meiner Postdoczeit in Berkeley gut bekannt war, da mein dortiger "Gastgeber" C. D. Jeffries der Erfinder der DNP war.

**DYNAMIC NUCLEAR POLARIZATION OF IRRADIATED TARGETS**

M.L. SEELY, A. AMITTAY, M.R. BERGSTRÖM, S.K. DHAWAN, V.W. HUGHES,  
R.F. OPPENHEIM, K.P. SCHÜLER and P.A. SOUDER  
Yale University, New Haven, CT 06520, U.S.A.

K. KONDO and S. MIYASHITA  
University of Tsukuba, Ibaraki, Japan

K. MORIMOTO  
KEK, Tsukuba, Japan

S.J. St. LORANT  
Stanford Linear Accelerator Center, Stanford University, Stanford, California 94305, U.S.A.

Y.-N. GUO  
Institute of High Energy Physics, Beijing, China

A. WINNACKER  
University of Heidelberg, Heidelberg, W. Germany

Received 15 January 1982

We report studies of dynamic nuclear polarization of irradiated targets. The polarized target operated at a magnetic field of 5 T and a temperature of 1 K, and was irradiated with the 20 GeV electron beam at the Stanford Linear Accelerator. Our results indicate that the temperature at which the target is irradiated is important. The maximum proton polarization attained with radiation was measured for some seven hydrogen-rich compounds. Irradiated  $\text{NH}_3$  and  $\text{ND}_3$  were polarized to high values of  $P_p \approx 0.75$  and  $P_p \approx 0.25$  with short values of polarization growth time  $T_p$ , and with radiation resistance of the polarization about a factor of 30 greater than for normal chemically-doped hydrocarbons. Hence, irradiated  $\text{NH}_3$  and  $\text{ND}_3$  appear very promising as practical polarized target materials.

**1. Introduction**

Polarized nucleon targets used in high energy physics

The earliest work on the use of radiation to produce a polarizable target was done on HD at Yale [3], using a bremsstrahlung beam with a maximum energy of 60

**Abb. 3.** Arbeit zur dynamischen Kernpolarisation.

Bei der DNP geht es darum, die bei hohen magnetischen Feldern und tiefen Temperaturen sich einstellende Gleichgewichtspolarisation elektronischer (paramagnetsicher) Spins durch einen Hochfrequenzprozess auf die Atomkerne, in diesem Fall Protonen, zu übertragen, da die Kerne wegen ihres 1000mal kleineren Kernmomentes von sich aus nur eine verschwindend kleine Gleich-

gewichtspolarisation annehmen. Bei dem Versuch der Anwendung auf das Ammoniak ergab sich das Problem, in das gefrorene Ammoniak paramagnetischen Spins einzubauen. Mein Vorschlag war nun der, die unvermeidlichen Strahlenschäden, die sich im Target bilden, als die paramagnetischen Spins zu nutzen, um die DNP herbeizuführen. Vernon Hughes hatte eine gründliche Abneigung gegen experimentelle "Vorschläge" von Experimentalphysikern, er sagte in einem solchen Fall: *Dann komm doch und mache es!* So nahm ich an zwei Strahlzeiten am Linearbeschleuniger in Stanford für jeweils einige Wochen teil und "beaufsichtigte" dort die sehr erfolgreiche Erzeugung eines Ammoniaktargets mit polarisierten Protonenspins. Es war für mich eine besonders schöne Zeit auch deshalb, weil ich unter all den Teilchenphysiker der Einzige war, der den komplexen DNP-Prozesses durchschaute und ich mich so als Meister einer geheimnisvollen Kunst präsentieren konnte.

In der Arbeit der Abb. 4 geht es um einen Vorschlag zur Erzeugung von Antiwasserstoff, also dem aus einem Antiproton und einem Positron gebildeten "Gegenstück" des Wasserstoffs. Durch Präzisionsexperimente an diesen Antiwasserstoffatomen würde man dann das CPT-Theorem, also, vereinfacht gesagt, die Gleichheit von Materie und Antimaterie untersuchen können. Der Vorschlag beruhte auf dem Gedanken, Antiprotonen, wie sie damals in einem Speicherring am Cern zur Verfügung standen, und Positronen, die als Strahl dem Antiprotonenstrahl zugesellt werden sollten, durch einen Laser zur Rekombination zu stimulieren mittels des Prozesses der "stimulierten Emission". Ungewohnt an dem Projekt war die Nutzung der stimulierten Emission für den Übergang aus einem Kontinuumszustand in einen gebundenen Atomzustand, statt des vertrauten Übergangs zwischen zwei gebundenen Zuständen. Die Idee dürfte darauf zurückgegangen sein, dass ich damals eine Vorlesung "Physik von Maser und Laser" hielt und an einem Buch dieses Titels schrieb. Zusammen mit meinem Kollegen R. Neumann aus der Atom-physikgruppe und den Kollegen H. Poth und A. Wolf, denen die "Strahlphysik" von

Antiprotonen und Positronenstrahlen geläufig war, berechneten wir dann die zu erwartenden Rekombinations-raten.

Z. Phys. A - Atoms and Nuclei 313, 253- 262 (1983)

Zeitschrift  
für Physik A **Atoms  
and Nuclei**  
© Springer-Verlag 1983

### Laser-Enhanced Electron-Ion Capture and Antihydrogen Formation

R. Neumann<sup>1</sup>, H. Poth<sup>2\*</sup>, A. Winnacker<sup>1</sup>, and A. Wolf<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Physikalisches Institut, Universität Heidelberg, Federal Republic of Germany

<sup>2</sup> Kernforschungszentrum Karlsruhe, Institut für Kernphysik,  
Federal Republic of Germany

Received June 3, 1983

The electron-ion capture rate for low electron energies is calculated for various electron velocity distributions. Capture rates for electron-ion recombination stimulated by irradiation with light are evaluated. The results are applied to electron cooling and to positron-antiproton recombination to form antihydrogen. It is shown that laser-induced capture is a powerful method to study the electron cooling process and to maximize the antihydrogen rate. With this technique a pulsed antihydrogen beam of selectable energy and well collimated with an intensity of a few atoms per second can be anticipated.

#### I. Introduction

The present paper is partly motivated by the fact that in the near future the Low Energy Antiproton Ring (LEAR) [1] will come into operation at CERN. Electron cooling will be an important part of that facility [2]. Moreover, the availability of a low energy antiproton beam may open up a possibility to produce, by radiative capture, antihydrogen atoms for spectroscopic studies.

The radiative capture of an electron by an ion

$$A^{+(n)} + e^- \rightarrow A^{+(n-1)} + h\nu$$

is an important process in the electron cooling of ion beams [3, 4]. The analogous reaction

$$\bar{p} + e^+ \rightarrow \bar{H} + h\nu$$

is the basic formation mechanism of antihydrogen.

Here we consider these processes in more detail with the idea of using them as diagnostics for the investigation of electron cooling [2]. Furthermore we are interested in the production of antihydrogen for

proton beam, all aspects of the antihydrogen formation can be studied in this process.

The capture of an electron (positron) can be stimulated by irradiation with light corresponding to a transition from the continuum into a bound atomic state

$$p + e^- + h\nu \rightarrow H + 2h\nu.$$

This opens up the possibility of studying in detail the cooling electron beam, particularly its velocity distribution, of enhancing the antihydrogen production rate, and of defining the final atomic state. Our consideration can also be applied to formation of other exotic atoms (e.g.  $\bar{p}p$ ,  $e^+e^-$ ,  $\mu^+e^-$ ,  $\mu^-p$ , ...). In the following, we recall the basic principles of electron cooling before calculating the electron capture rates and we use our results for the application outlined above.

#### 2. Electron Cooling

### Abb. 4. Antiwasserstoff.

Das Projekt gelangte zwar als Vorschlag in die höheren Gremien des Cern, mehrfach trug ich auch dort darüber vor, aber es kam nicht zur Verwirklichung, da es doch tiefe Eingriffe in die damaligen Pläne zur Speicherringentwicklung am Cern erfordert hätte. Aber ein origineller Gedanke und eine anregende

physikalische Geistesübung war es dennoch. Auch haben später die Kollegen Poth und Wolf den Gedanken der "lichtstimulierten Rekombination" am MPI für Kernphysik in Heidelberg zur Anwendung gebracht.

Hingegen entstand aus der Idee einer Spektroskopie von Ionen im flüssigen Helium eine eigene Aktivität zusammen mit meinem Mitarbeiter H. Reyher und weiteren Doktoranden, die sich bis zu meinem Weggang aus Heidelberg recht vielversprechend weiter entwickelte:

Ein aktuelles Gebiet der Atom- und Molekülphysik war in den 80iger Jahren die sog. Matrixspektroskopie. Bei diesem Verfahren wurden reaktive Moleküle für spektroskopische Untersuchungen dadurch stabilisiert, dass sie bei tiefer Temperatur und in hoher Verdünnung in ein festes Edelgas, gelegentlich auch in festen Stickstoff, eingebaut wurden. Bei derartigen Untersuchungen spielte natürlich immer die Frage nach der Wechselwirkung mit der Matrix, also auch die Struktur der Matrix eine Rolle. Daraus ergab sich der Gedanke, geeignete Ionen nicht in feste Edelgase, sondern in flüssiges Helium einzubringen, um auf diese Weise Einblick in die subtilen Fragen der Struktur des flüssigen Heliums zu erhalten. In der Tat gelang es, verschiedene, im Titel der Veröffentlichung genannte Ionen in flüssiges Helium, insbesondere auch superfluides Helium einzubringen und daran optische Untersuchungen durchzuführen. Wir blickten schon deshalb mit einer gewissen Befriedigung auf diese Experimente zurück, weil sie im Sinne der am 1. Physikalischen Institut gepflegten wissenschaftlichen Ambitionen eine hohe experimentelle Raffinesse erforderten. Abb. 5 zeigt schematisch den experimentellen Aufbau des flüssig-He Experimentes und eine Veröffentlichung dazu

Etwa 2–3 cm über dem superfluiden Helium mit seiner Temperatur von weniger als 2,2 K befand sich der Verdampfungs-ofen für die jeweiligen Atome bei einer Temperatur von typischerweise 600° C. Die Atome wurden dann z.B. durch Laserbestrahlung ionisiert, und die vor dem Ofen befindliche

Ionenwolke wurde durch ein elektrisches Feld in das flüssige Helium hineingezogen. Nach meinem Weggang aus Heidelberg Ende 1985 wurden diese Experimente unter der Leitung von Prof. zu Putlitz fortgeführt.

**IMPLANTATION OF IMPURITY IONS INTO He II  
FOR OPTICAL SPECTROSCOPY PURPOSES**

H. BAUER, M. HAUSMANN, R. MAYER, H.J. REYHER, E. WEBER and A. WINNACKER

*Physikalisches Institut der Universität Heidelberg, Philosophenweg 12, D-6900 Heidelberg, Fed. Rep. Germany*

Received 4 April 1985; accepted for publication 13 May 1985

An experimental arrangement for implantation and handling of high densities of alkaline earth ions in He II is described. First results, including mobility measurements of  $\text{Sr}^+$ ,  $\text{Ba}^+$ ,  $\text{Zn}^+$  and  $\text{Cd}^+$  ions as well as optical detection of  $\text{Ba}^+$  ions, are reported.

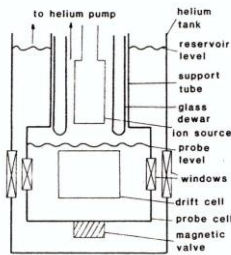


Fig. 1. Cross section of the cryostat. A third set of windows at right angle is not drawn in.

**Abb. 5.** Arbeit zur Untersuchung von Ionen in flüssigem Helium, mit experimentellem Aufbau.

Die erfolgreiche Bearbeitung so verschiedener Themen stellt sich mir in der Erinnerung als Resultat einer kreativen Stimmung dar, wie sie sich in einer Atmosphäre wissenschaftlicher Freiheit und Freiheit von Stellen- und Existenzsorgen einstellen kann. Schwerpunkt meiner wissenschaftlichen Arbeiten blieb aber, ungeachtet solcher Einfälle, die Spektroskopie von Punktdefekten in Festkörpern.



In der Lehre genossen Dirk Dubbers und ich das Privileg, dass man uns junge Sprinter die eigentlich den hohen Herren vorbehaltenen großen Vorlesungen Physik III, IV oder V halten ließ. Für mich kam noch dazu, dass ich neben meiner "kleinen" C2-Professur den Lehrstuhl von Herrn zu Putlitz während seiner Zeit als Geschäftsführender Direktor der GSI und der anschließenden Zeit als Rektor vertreten durfte, was mir neben manchen Einsichten und Erfahrungen über die akademischen Prozesse ein C4-Gehalt einbrachte, das für den jungen Familienvater hochwillkommen war, freilich ohne die Zulagen eines C4-Gehaltes; aber über deren Bedeutung wurde ich sowieso erst später aufgeklärt.

Obwohl also beruflich und privat etabliert und abgesichert, machte sich in diesen Jahren eine innere Unruhe bemerkbar, das Gefühl, ich müsse noch einmal aus dem Heidelberger Umfeld, in dem ich sozusagen automatisch Stufe für Stufe aufgestiegen war, hinausgehen. Ich dachte dabei vor allem an einen Wechsel in die Industrie, von den entsprechenden Prägungen durch das Elternhaus war ja schon die Rede. Ein erster Schritt in diese Richtung war in den Jahren 1984/85 die Annahme eines Stipendiums als Visiting Scientist in den Forschungslaboratorien der IBM in San Jose, Kalifornien.

Die IBM Laboratorien boten damals ein wunderbares Umfeld für die Forschung. Es waren die reichen Jahre der IBM nach Erfindung des PC bei gleichzeitiger Quasi-Monopolsituation bei den Großrechnern, und die Forscher dort genossen große Freiheit und üppige Forschungsmittel. Ich selbst wurde entsprechend meiner Arbeitsrichtung der optischen Datenspeicherung zugeteilt. Man verfolgte damals in San Jose ein neues Verfahren, das sog. Spektrale Lochbrennen, mit dem man hoffte, die Speicherdichte bei der optischen Datenspeicherung um 2, vielleicht gar 3 Größenordnungen steigern zu können. Das Verfahren funktionierte auch im Prinzip, nur hatte es beim damaligen Erkenntnisstand noch eine Schwäche: Die eingeschriebene Information wurde bei einmaligem Auslesen wieder gelöscht. Das war natürlich für die Praxis unbrauchbar. Das große Thema, von dem alles zur Zeit meines

Eintreffens im Frühsommer 1984 sprach, war: *Wie kann man vermeiden, dass die durch einen Laserstrahl eingeschriebene Information beim Auslesen gleich wieder gelöscht wird?* Mit dem Übermut der Jugend sagte ich mir: *Das ist ein Thema für mich hier in San Jose.* Und in der Tat fand ich nach einigen Monaten ein wunderbares Material, man konnte die durch spektrales Lochbrennen eingeschriebene Information buchstäblich tausende von Malen auslesen ohne sie zu löschen. Der Trick war der, dass man die Information mit zwei Laserstrahlen einschrieb, der eine trug die Information, der andere sorgte für die Fixierung. Beim Auslesen aber nutzte man nur den einen, so dass die einmal erfolgte Fixierung nicht gestört wurde. Es war eigentlich die einzige Entdeckung in meinem wissenschaftlichen Leben im Sinne einer plötzlichen Erleuchtung, alles andere waren mehr kontinuierliche Entwicklungen. Ich zeigte den Effekt zuerst meinem Labornachbarn, dieser holte den Gruppenleiter, dieser den Abteilungsleiter und der dann den Leiter des gesamten San Jose Labs, welcher dann die Gruppe zu Bier und Pizza einlud. Unerhört an letzterem Vorgang war der Genuss von Bier, denn alkoholische Getränke waren bei geschäftlichen Anlässen der IBM verpönt.

350 OPTICS LETTERS / Vol. 10, No. 7 / July 1985

### Photon-gated hole burning: a new mechanism using two-step photoionization

A. Winnacker,\* R. M. Shelby, and R. M. Macfarlane

IBM Research Laboratory, San Jose, California 95193

Received March 15, 1985; accepted April 5, 1985

We have observed photon-gated spectral hole burning, i.e., hole burning that occurs only in the presence of an additional gating-light source. Gating enhancement factors of  $10^4$  were observed. In  $\text{BaClF:Sm}^{2+}$  this involves two-step photoionization of  $\text{Sm}^{2+}$  and leads to persistent holes in the  ${}^4F_0 \rightarrow {}^2D_0$  (687.8-nm) and  ${}^1F_0 \rightarrow {}^2D_0$  (629.7-nm) absorption lines. The hole widths of 25 MHz at 2 K are much narrower than the inhomogeneous broadening of 16 GHz. The action spectrum of the gating shows a threshold behavior around 2.5 eV. Erasing studies show that  $\text{Sm}^{2+}$  acts as a trap for the released electrons. A remarkable and novel feature is that the holes can be recovered after temperature cycling to 300 K.

We report the first observation to our knowledge of photon-gated spectral hole burning, i.e., hole burning that occurs at a specific laser frequency  $\omega_0$  only in the presence of a second gating light source,  $\omega_g$ . The significance of this mechanism is that persistent spectral holes burned in this way are not degraded by probing with photons at  $\omega_0$ . This is useful in high-resolution

structure. We have observed such a process of photon-gated hole burning in  $\text{BaClF:Sm}^{2+}$ . Subsequently a two-color hole-burning process was also observed in an organic system: carbazole in boric acid glass.<sup>12</sup> Figure 1 shows the level scheme of  $\text{BaClF:Sm}^{2+}$ .<sup>13</sup> The ground state is  $4f^6 {}^7F_0$ , and the lowest three excited levels  $5D_0$ ,  $5D_1$ , and  $5D_2$  are metastable with lifetimes

Abb. 6. Veröffentlichung zum "Photon gated holeburning".

Die daraus resultierende Veröffentlichung Abb. 6 "Photon gated holeburning" ist bis heute mein meistzitiertes Paper. Diese Entdeckung förderte natürlich mein Ansehen in der Community des IBM Research Labs und hatte zur Folge, dass ich später als Lehrstuhlinhaber an der Universität Erlangen Jahr für Jahr die Sommerferien mitsamt Familie in den IBM Laboratorien verbringen konnte. Ich ging ins Labor, meine Familie erfreute sich an der Sonne und den Schönheiten Kaliforniens, das dadurch, so darf man wohl sagen, zu unserer zweiten Heimat wurde.

Zunächst freilich trat eine andere Wendung in meinem beruflichen Weg ein. Während dieses IBM-Jahres betrieb ich ernsthaft meinen Übertritt in die Industrie. Trotz der Annehmlichkeiten des Lebens einer jungen Familie, unsere kleinen ersten zwei Kinder begleiteten meine Frau und mich, wollten wir nicht in Amerika bleiben. Ich kam auf die Idee, einen Brief an Prof. Beckurts zu schreiben, der uns damals in Karlsruhe ein Strahlrohr zur Verfügung gestellt und uns, wie ich mich erinnerte, mit Wohlwollen in sein Institut aufgenommen hatte. Er war seitdem zunächst Leiter des Großforschungszentrums Jülich und dann Leiter der Forschung und Vorstandsmitglied von Siemens geworden. Einige Wochen lang hörte ich nichts auf meinen Brief hin, ich dachte, der große Manager habe sicherlich anderes zu tun, aber eines Tages geschah das Erstaunliche, das auf meinem Schreibtisch bei der IBM das Telephon klingelte und Prof. Beckurts selbst direkt am Apparat war. *Ich bin demnächst bei Ihnen in der Nähe, sagte er, in Dallas in Texas. Da können wir uns treffen. Ihre Reiserechnung schicken Sie an mein Sekretariat.* Schon an dieser Vorstellung der geographischen Nähe von San Jose und Dallas merkte man, dass Beckurts inzwischen in größeren Maßstäben dachte.

Die Siemens AG unternahm damals unter seiner außerordentlich tatkräftigen Leitung eine gewaltige Anstrengung, den Rückstand gegenüber Japan auf dem Gebiet der Mikroelektronik aufzuholen und stellte um diese Zeit einen großen Prozentsatz der Physikerjahrgänge ein. Beckurts sagte zu mir bei unserem

Gespräch: *Wir können diese große Aufgabe ja nicht nur mit lauter Grünschnäbeln anpacken.* Auf diese Weise konnte ich also in schon fortgeschrittenem Stadium meines Berufslebens in das traditionsreiche Unternehmen überwechseln und wurde mit Aufgaben zur Entwicklung der Verbindungshalbleiter betraut. Es musste schon einer so hoch über den Dingen stehen wie Beckurts, um jemandem mit meinem fachlichen Hintergrund dieses Thema anzuvertrauen. Immerhin waren ja unter den Materialien, deren Punktdefekte ich untersucht hatte, einige Halbleiter gewesen. Eine Ermutigung erhielt ich aber bei einem Gespräch mit Dirk Dubbers, der um diese Zeit herum einen Ruf an das Forschungszentrum Grenoble als Leiter der Kernphysik erhalten hatte. Als ich zu ihm sagte: *Es ist doch komisch, Du gehst als Leiter der Abteilung Kernphysik nach Grenoble und verstehst eigentlich wenig von Kernphysik, und ich gehe als Fachmann für Verbindungshalbleiter zu Siemens und verstehe doch herzlich wenig von Verbindungshalbleitern,* da sagte Dubbers: *Du, das merken die nicht!* Hochmut der Jugend!

Das Gebiet der Verbindungshalbleiter hatte in Erlangen eine große Tradition, die Verbindungshalbleiter waren ja dort von Heinrich Welker erfunden und jahrzehntelang mit großem Erfolg bearbeitet worden. Zunächst war ich nur für die Untersuchung ihrer Eigenschaften zuständig, aber bald wurde mir auch die Kristallzüchtung anvertraut. Es ging damals vorrangig um GaAs und InP. Und schließlich kam noch das Gebiet der Leuchtstoffe hinzu, und das kam so: Es ging um die sog. Röntgenspeicherleuchtstoffe. Mit Beschichtungen aus sog. Röntgenspeicherleuchtstoffen sollte eine neuartige Art von Röntgenfilmen erzeugt werden. Es sei an dieser Stelle darüber nur gesagt, dass dieses neue Speicherprinzip eine Digitalisierung von Röntgenbildern ermöglichte, die bisher ja auf Filmen festgehalten wurden, die nasschemisch entwickelt und dann vor dem Lichtkasten betrachtet werden mussten. Nun aber konnten Röntgenbilder auf elektronischen Medien gespeichert und damit auch einer Bildverarbeitung unterzogen werden. Das war seinerzeit sehr innovativ und sollte der Siemens-Medizintechnik zugutekommen.

Der Zufall (oder die Festkörperphysik) wollte es, dass die besten Speicherleuchtstoffe Materialien ganz ähnlich denjenigen sind, die mir in den IBM Laboratorien beim Spektralen Lochbrennen begegnet waren. Dazu kam noch, dass bei den Speicherzentren, die durch die Röntgenstrahlung gebildet werden, meine geliebten F-Zentren eine zentrale Rolle spielen, so dass ich mich in meiner neuen Siemens-Umgebung sehr rasch als Experte auf diesem Gebiet präsentieren konnte, einem Gebiet zumal, das sich unter den Erlanger Halbleiterforschern nicht allzu großer Beliebtheit erfreute. So wurde mir dieses stark geförderte Arbeitsgebiet der Röntgenspeicherleuchtstoffe bald übertragen zusätzlich zu den Verbindungshalbleitern. Die neuartigen Röntgenfilme haben auch bald Anwendung gefunden, vor allem in der Zahnmedizin, wobei allerdings das Verfahren bald an Agfa und Fuji verkauft wurde. Daran muss sich ein Forscher in einem großen Technologiekonzern gewöhnen, dass ein Verfahren, welches mit großem Aufwand zur Produktreife entwickelt wurde, anschließend verkauft oder stillgelegt wird. Dies gehört zu den Geheimnissen der hohen Firmenstrategie, die sich mir nie ganz erschlossen haben! Bei IBM war es genauso!

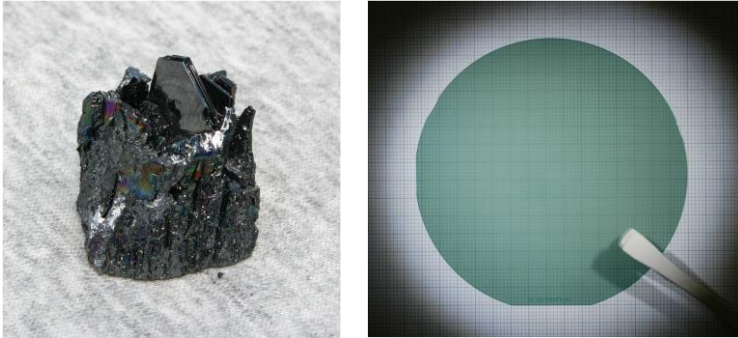
Interessant für meine Situation in der Siemens-Forschung war es, dass die Leuchtstoffe über ihre Rolle in der Röntgentechnik hinaus bald eine weitergehende Bedeutung erringen sollten. Zu Beginn der 90iger Jahre tauchte nämlich eine neue Lichtquelle für die allgemeine Beleuchtungstechnik auf, die von hohem Interesse für die Tochterfirma Osram war, nämlich die sog. "LUCOLED", die "Luminescence-Conversion-Light-Emitting Diode". Dabei handelt es sich um die weiße Leuchtdiode, die wohl langfristig die Glühlampe ersetzen wird. In der LUCOLED wird das Licht einer blauen Leuchtdiode durch einen Leuchtstoff teilweise in oranges Licht verwandelt, derart dass die Überlagerung des blauen Lichtes und der Komplementärfarbe Orange durch das Auge als Weiß wahrgenommen wird. Dieser Vorgang eröffnet natürlich ein weites Feld für die Leuchtstoffforschung.

So war mir also schließlich die Leitung der Fachabteilung "Verbindungshalbleiter und Leuchtstoffe" und damit ein interessantes, aktuelles Aufgabengebiet der Siemensforschung zugeordnet. Es wäre also der Grund gelegt gewesen für eine sehr befriedigende berufliche Situation, wenn sich nicht für die Siemens Forschung eine Katastrophe ereignet hätte. Zweimal in meinem Leben haben tragische Todesfälle auf meinen Lebensweg nachhaltigen Einfluss genommen. Der erste war der Tod von Karl Heinz Beckurts, dem großen Forschungsvorstand von Siemens. Er fiel am 6. Juli 1986 einem Attentat der Rote Armee Fraktion RAF zum Opfer, eine Tragödie für Siemens, aber darüber hinaus generell für die Hochtechnologie in Deutschland. Die unmittelbare Folge bei Siemens war ein gewisser Niedergang der Forschung. Es geschieht in diesen großen Unternehmen oft, dass einer starken Persönlichkeit in einem wichtigen Ressort eine schwache folgt, da die erstere vermeintlich zu viele Ressourcen des Unternehmens auf sich gezogen hat, eine Situation, die dann auf ein Normalmaß zurückgefahren wird, oder darüber hinaus. So erging es auch der Zentralen Forschung von Siemens. Ich kenne so manchen Kollegen auf den Lehrstühlen der Materialwissenschaften und Elektrotechnik in Deutschland noch aus meiner Siemens Zeit, die sich, wie ich, in dieser Phase des Niedergangs wieder aus dem Staube machten und an die Universität zurückkehrten.

Für mein Leben hat in dieser Zeit ein zweites Mal ein allzu früher Tod eine Rolle gespielt, der meines Fachkollegen Zschauer vom Lehrstuhl Werkstoffe der Elektrotechnik der Universität Erlangen, mit dem ich in meiner Siemenszeit engen fachlichen und freundschaftlichen Kontakt pflegte. Im Jahre 1992 folgte ich einem Ruf auf diesen vakant gewordenen Lehrstuhl. Dies geschah in gutem Einvernehmen mit der Siemens Forschungsleitung. Gewisse Arbeitsthemen nahm ich mit an die Universität, darüber hinaus habe ich seit etwa 1998 regelmäßig drei oder vier Doktoranden betreut, die nicht in den Labors meines Instituts, sondern in den Siemens Forschungslaboratorien tätig waren.

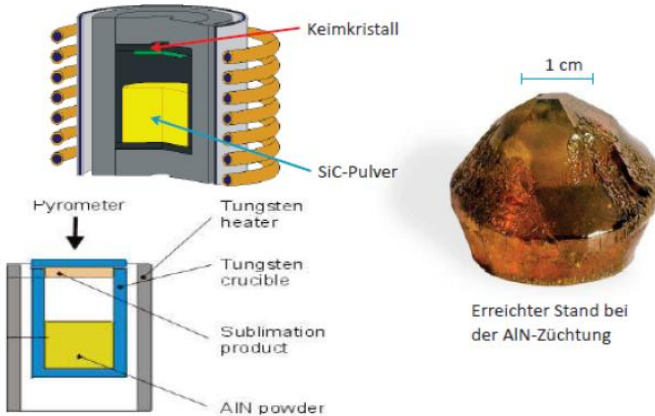
Ein Arbeitsgebiet, das ich von Siemens mit an meinen Lehrstuhl nahm, war der neuartige Halbleiter SiC, der damals für die Optoelektronik große Bedeutung erlangte und heute in Leistungs- und Hochtemperaturelektronik zunehmend eine wichtige Rolle spielt. Das SiC ist schwer herzustellen, es kann nicht wie GaAs und InP aus der Schmelze gezogen werden, weil nämlich SiC auch bei hohen Temperaturen nicht schmilzt, sondern sich in flüssiges Si und festen Kohlenstoff zerlegt. Wir arbeiteten also an einem anderen Verfahren, der Physical Vapour Deposition, das nach Jahren der Forschung und etlichen Doktorarbeiten zum Erfolg führte. So konnten wir mit zunächst 4 Mitarbeitern eine Firma zur Herstellung von SiC ausgründen, die SiCrystal AG. Der große Durchbruch für das Start-up Unternehmen kam, als unsere SiC-Scheiben von der Firma Osram als Substrate für deren blaue Leuchtdioden auf Basis GaN qualifiziert wurden. Mit einem Schlag musste die Zahl unserer Kristallzüchtungsanlagen von 4 auf 40 erhöht werden! Das war natürlich nur möglich durch einen massiven Kapitalzufluss, der durch einen Einstieg von Siemens realisiert wurde. Die Firma mit Sitz in Nürnberg hat heute mehr als 70 Mitarbeiter und ist einer der beiden großen Lieferanten von SiC-Wafern für den Weltmarkt. Besonders schmeichelhaft war es, dass Siemens die eigene, inzwischen groß aufgezugene Entwicklung einer SiC-Kristallzüchtung einstellte – die Grundsteinlegung mit dem sächsischen Ministerpräsidenten für ein großes Fabrikationsgebäude in Freiberg war schon terminlich festgelegt – um in unser kleines Unternehmen einzusteigen.

Abb. 7 belegt den großen Fortschritt in der SiC-Kristallzüchtung in diesen Jahren. Sie zeigt rechts einen 3 Zoll SiC-Wafer moderner Art und links einen Acheson Kristall, wie er bei der großtechnischen Synthese von SiC aus Quarzsand und Koks anfällt. Die kleinen, kümmerlichen Achesonscheiben dienten in meiner Siemens Zeit als Substrat für die Herstellung blauer Leuchtdioden.



**Abb. 7.** Fortschritte der SiC- Kristallzüchtung.

Nach erfolgreicher Entwicklung der SiC-Kristallzüchtung und Ausgründung der SiCrystal AG konzentrierten wir unsere Anstrengungen auf die Herstellung von AlN-Einkristallen, die vor allem als Substrate für kurzwellige UV-Leuchtdioden von Interesse sein sollten. Auch das AlN kann nach dem Physical Vapour Deposition Verfahren hergestellt werden, wie das SiC (Abb. 8):



**Abb. 8.** Verfahren der "Physical Vapour Deposition" (links) und AlN-Kristall, erreichter Stand der Technik.



Bei diesem Verfahren wird bei hoher Temperatur der aus dem Vorratspulver aufsteigende Dampf des Materials auf einem Keimkristall abgeschieden, der so zu einem größeren Kristall heranwächst. Das spezielle Problem beim AlN war, dass dieses bisher überhaupt nicht als Einkristall hergestellt werden konnte, also auch kein Keimkristall zur Verfügung stand. Unser Beitrag zur Lösung des Problems bestand darin, dass wir herausfanden, dass man SiC-Wafer als Keimkristalle für das AlN-Wachstum verwenden konnte. Dies war freilich nur auf einer gewissen exotischen Orientierung des SiC möglich, die wir als SiC-Züchter uns selbst herstellen konnten, das begründete einen Vorsprung vor der Konkurrenz. Freilich hatte der Einsatz eines Fremdsubstrates als Keim eine Reihe von Problemen hinsichtlich Reinheit und Qualität des wachsenden AlN-Kristalls zur Folge, die nicht befriedigend gelöst werden konnten, so dass die angestrebte Kommerzialisierung des Verfahrens nicht gelang, wir konnten den kommerziellen Erfolg des SiC nicht wiederholen. Immerhin wurde eine Vielzahl von Erkenntnissen zum Wachstum und zur Defektstruktur des AlN erzielt, die in zahlreichen Publikationen und Dissertationen ihren Niederschlag gefunden haben.

Abb. 8 zeigt rechts den erzielten Stand der AlN-Kristallzucht, der sich auch auf internationalem Niveau heute noch sehen lassen kann.

In Erlangen war ich Mitglied einer Technischen Fakultät geworden, bewegte mich also in einem stark von Ingenieuren geprägten Umfeld. Die Wechsel von der Fakultät für Physik und Astronomie der Universität Heidelberg, die ganz dezidiert der Grundlagenforschung gewidmet war und ist, über die Siemens Forschungslaboratorien in eine ingenieurwissenschaftliche Fakultät gaben mir reichlich Gelegenheit und Anschauungsmaterial, um über das Verhältnis von Grundlagenforschung und Angewandter Forschung nachzudenken. Das erste, was mir nach meiner Ankunft in den Siemens Forschungslaboratorien auffiel war dies: Während wir an einem universitären Forschungsinstitut ständig mit grüblerischen Leuten zu tun haben, die sagen: *Ich*

*versteh' das nicht, wie soll das gehen, das ist mir ein Rätsel*, begegnete ich bei Siemens nur Leuten die sagten: *Das wissen wir, das verstehen wir genau, das haben wir voll im Griff*. Wenn hochqualifizierte Fachleute sich so unterschiedlich zu ihrer Forschungstätigkeit äußern, so muss das mit einem unterschiedlichen Begriff des Verstehens, mit einer unterschiedlichen Erwartung an das Verstehen zu tun haben. Und in der Tat ist es wohl so, wie es sich mir im Rückblick darstellt: Grundlagenforschung und Angewandte Forschung unterscheiden sich entgegen landläufiger Ansicht primär nicht nach den Gegenständen, mit denen sie sich befassen. Wir wissen doch, wie viele praktisch nutzbare Erfindungen aus Grundlagenforschung hervorgegangen sind, während umgekehrt zahlreiche bedeutende Grundlagenkenntnisse sich aus ganz praktischen Fragestellungen ergeben haben. Der Unterschied liegt in der Erwartung an das Verstehen. Für den Grundlagenforscher heißt Verstehen die Rückführung der Prozesse auf ein System von Ursachen und Wirkungen. Für den Ingenieur heißt verstehen, die Voraussetzungen für das Funktionieren eines technischen Systems, einer Maschine oder eines Prozesses zu durchschauen. Grundlagenforschung oder Angewandte Forschung ist also nicht so sehr eine Frage des Gegenstandes sondern des Blickwinkels. Man kann das F-Zentrum, mit dem Mollenauer und ich uns befassten, unter Grundlagen-Gesichtspunkten als Prototyp eines elektronischen Punktdefektes im Festkörper sehen, zugleich ist es aber auch unter praktischen Gesichtspunkten das optimale Speicherzentrum in den Speicherleuchtstoffen, und nur seinen grundsätzlichen Eigenschaften ist es zu danken, dass es für diesen medizintechnischen Zweck das ideale Zentrum ist. Die gegenseitige Wertschätzung beider Disziplinen, der Naturwissenschaften und der Ingenieurwissenschaften, muss aus der Einsicht resultieren, dass in beiden Facetten sich wichtige und legitime Anliegen der Wissenschaft spiegeln. In den 17 Jahren, die ich dem Lehrstuhl Werkstoffe der Elektrotechnik vorstand, haben wir uns beiden Anliegen gewidmet, dem physikalischen Verständnis und der technischen Umsetzung.

In meiner Tätigkeit als Leiter eines Universitätsinstituts habe ich auch die Basis für weitergehende Aktivitäten gesehen, sicherlich in diesem Punkt stark vom Beispiel meines Doktorvaters zu Putlitz beeinflusst. Ich habe eine von der DFG finanzierte Zusammenarbeit zum Thema Halbleitermaterialien mit der Sowjetischen Akademie der Wissenschaften ins Leben gerufen, noch in der Zeit der alten Sowjetunion, aus der Einsicht heraus, dass die Wissenschaft noch am ehesten vielleicht einen Ansatz öffnet, auch verkrustete Systeme aufzubrechen. Auf diesem Felde sind Herr zu Putlitz und ich viel später noch einmal gemeinsam tätig gewesen mit unseren Kontaktnahmen zu Nordkorea, s. Abb. 9.



**Abb. 9.** Eröffnung des 5. gemeinsamen Seminars in Pjöngjang im Jahr 2007, rechts von mir Dr. Jörg Klein von der Daimler-Benz-Stiftung, mit Bildern von Staatsgründer Kim Il Sung und Nachfolger Kim Jong Il.

Ich habe auch die Verpflichtung gesehen, mich in der akademischen Selbstverwaltung zu betätigen. Vier Jahre lang war ich Dekan der Technischen Fakultät. Die Technische Fakultät der Universität Erlangen heißt zwar Fakultät, ist aber mit ihren über 50 großen Lehrstühlen de facto die Technische Hochschule Nordbayerns, es gibt ja in Bayern sonst nur die TU München, und sie muss den Ehrgeiz entwickeln, so war mein Bestreben, sich als solche auch selbst zu sehen und darzustellen. Bleibende Fortschritte in dieser Richtung wurden auch dadurch erreicht, dass es durch meine Verbindung zu Siemens ermöglicht wurde, die interne Unternehmensberatung der Siemens AG probeweise einmal auf eine Universität loszulassen. Man darf natürlich nicht alles glauben, was aus einer solchen Analyse professioneller Unternehmensberater herauskommt. Da aber die Siemens Unternehmensberatung schon viel undurchschaubarere Unternehmen als eine Universität analysiert hatte, z.B. den Jesuitenorden, konnten wir daraus manches lernen über das ich einen ganzen Vortrag halten könnte, und das Bestand hatte für Struktur und Selbstverständnis der Fakultät als Technische Hochschule Nordbayerns.

Als sich mit meinem 67ten Geburtstag meine Pensionierung anbahnte, hatte ich angesichts der vielfältigen Interessen und Aktivitäten, die ich hier angesprochen habe, keine Schwierigkeit, mir einen aktiven und tätigen Ruhestand vorzustellen. Überraschend war aber die Wendung, die durch einen Anruf aus dem Rektorat der Universität Heidelberg kurz nach dem Eintritt in den Ruhestand eintrat. Die Universität hatte beschlossen, ein materialwissenschaftliches Zentrum zu gründen, das Centre for Advanced Materials (CAM), das sich mit einer neuen Entwicklung auf dem Gebiet der elektronischen Materialien, der Organischen Elektronik, befassen sollte. Ich übernahm die Aufgabe eines Gründungsdirektors dieses Instituts und fühle mich geehrt, dass mir auf diese Weise der Status eines Seniorprofessors der Universität Heidelberg zuteilwurde. Die Arbeit begann 2010 mit dem überaus kritischen Schritt der Genehmigung durch den Wissenschaftsrat und endete

kürzlich mit der feierlichen Einweihung des neu errichteten Instituts (Abb. 10).



**Abb. 10.** Nordseite des CAM-Gebäudes.

Wie weiter oben ausgeführt, beschäftigt mich mein Berufsleben lang die Frage der rechten Balance zwischen Grundlagenforschung und Angewandter Forschung. Ich denke, dass ich im Kontext des CAM einen Beitrag zu dieser Diskussion auch an dieser Universität liefern konnte und vielleicht weiterhin liefern kann. Das neue Zentrum kann in diesem Konflikt ein Zeichen setzen. Vielleicht habe ich in meiner Ansprache bei der feierlichen Eröffnung des Instituts ein wenig zu stark den Akzent auf das Faktum gesetzt, dass mit dem Eintritt in die Materialwissenschaften die Universität

Heidelberg sich zu den Ingenieurwissenschaften hin öffnet. Die Materialwissenschaft ist Naturwissenschaft insofern, als sie sich dem Verständnis der Prozesse in den Materialien widmet, sie ist Ingenieurwissenschaft insofern, als es ihr immer auch um die Funktion und die Nutzung solcher Vorgänge in Bauelementen und technischen Systemen geht. Die Rhein Neckar Zeitung RNZ veranlassten diese Hinweise am folgenden Tag zu der in Abb. 11 gezeigten Schlagzeile



Abb. 11. Bericht der RNZ über die CAM-Eröffnung am 24.5.2017.

Das war seitens der Zeitung eine Überinterpretation und etwas dick aufgetragen, Ingenieure produziert die Universität Heidelberg im CAM nicht. Aber ich freute mich trotzdem daran, dass der Kern meiner Botschaft offenbar herausgekommen war. Es ist auch für eine Universität wie die Heidelberger, die sich als "Comprehensive University" sieht, wichtig, dass sie sich verstärkt den beiden Aspekten der Wissenschaft widmet, dem Verstehen und dem Gestalten

unserer Welt. Auch der Heidelberger Physik kann das nicht schaden.

Als ein Element der Bindung an Heidelberg und seine Wissenschaft sehe ich auch meine Mitgliedschaft in der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. Diese aktive Mitgliedschaft, die Weiterführung und Weiterentwicklung meiner Vorlesung "Physik und Technologie der Halbleiter" und meine beratende Mitwirkung als Ehrendirektor des CAM sollen die Basis für den Fortbestand einer lebenslangen Verbindung bilden.

Vortrag gehalten an der Fakultät für Physik und Astronomie der Universität Heidelberg am 13. Juli 2017