



FESTVERANSTALTUNG

VON HARTEN KRISTALLEN ZU WEICHER MATERIE

HARTMUT KAHLERT

Dienstag, 7. 12. 2010, 19:00 Uhr s.t.

Technische Universität Graz, Aula

Rechbauerstraße 12, 1.OG

**Nachhaltige Entwicklungen
an der TU Graz und
ihre Initiatoren**

Inhalt

3 Hartmut Kahlert

em. o.Univ.Prof. Dr.phil., Institut für Festkörperphysik der TU Graz
Von harten Kristallen zu weicher Materie

28 Peter Hadley

Univ.Prof. Ph.D., Leiter des Institut für Festkörperphysik der TU Graz
Organic electronic materials

Hartmut Kahlert

em. o.Univ.Prof. Dr.phil.,
Institut für Festkörperphysik der TU Graz

Von harten Kristallen zu weicher Materie

VON HARTEN KRISTALLEN ZUR WEICHEN MATERIE

Hartmut Kahlert

1. Ausgerechnet Physik?

Physik ist eine ausgefallene Leidenschaft: Manche verstehen und schätzen sie – wenige lieben sie. Diese Tatsache verleitet mich nachzudenken, wie das bei mir dazu kam: To fall in love with Physics!

Den genauen Zeitpunkt, wann das geschehen ist, kann ich nicht benennen. Sie hat sich wohl nach und nach in mir eingenistet und offensichtlich wohl gefühlt. Gut erinnere ich mich noch, dass mich schon als Volksschüler alles fasziniert hat, was mit Elektrizität und elektrischem Strom zu tun hatte: Von der Zink-Kohle Batterie, die ich natürlich zerlegte, sobald sie leer war, bis zur Bleistiftmine, durch die man einen elektrischen Strom schicken kann. Aber zum obligatorischen Matador auch noch einen kleinen Elektromotor anzuschaffen lag weit jenseits meiner finanziellen Möglichkeiten.

Unsere Mutter war eine sehr ehrgeizige Frau: Sie versuchte uns, meine beiden Schwestern und mich, in den besten Mittelschulen Wiens unterzubringen – auch das war unter anderem ein finanzielles Problem. Für mich hieß das: Das berühmte Schottengymnasium in der Innenstadt! Erste Hürde: die gefürchtete Aufnahmeprüfung. Der Andrang war groß und es war bekannt, dass streng gesiebt wird. Zum Glück war auch meine junge Volksschullehrerin sehr ehrgeizig – ich war ihr in kindlicher Bubenliebe verfallen – und veranstaltete unentgeltlich Paukkurse für alle, die ins Gymnasium wollten. Aber auch die finanzielle Hürde zu überspringen gelang mir: Mit den besten Noten gab es Schulgeld - Ermäßigung oder gar Befreiung – ein Segen für eine Migranten - Familie mit drei Kindern im Jahre 1950.

Das Glück mit guten Lehrern blieb mir bei den Schotten treu: Unser Klassenvorstand war ein Benediktiner - Pater, der gerade die Lehramtsprüfung für Mathematik und Physik abgelegt hatte, nebenbei aber Astronomie studierte und ein Doktorat in Astronomie erwarb, während er uns durch die erste Klasse führte: der legendäre Pater Leander Fischer. Sein Unterricht in Mathematik, Physik und Chemie war eine Herausforderung für unsere Gehirne, aber auch für alle Sinne: in Physik und Chemie gab es keine Stunde ohne Experimente. Kein Wunder, dass aus meiner Kinderbegeisterung für elektrische Erscheinungen ein brennendes Interesse für alles wurde, was mit Physik zu tun hatte.



Sängerknaben des Schottenstiftes 1953

Übrigens war er nicht der einzige hervorragende Lehrer. Ein anderer Pater, Benedikt Popp, weckte in mir das Verständnis und die Begeisterung für die Musik und bildete mich zum Chorsänger aus – eine zweite Leidenschaft, der ich viele Jahre meines Lebens nachgehen durfte. Oft genug lag sie mit der Liebe zur Physik im Widerstreit, da beides durchaus Zeit raubende und alle Hingabe fordernde Passionen sind. Letztlich behielt aber die Physik die Oberhand. Schon in den Oberklassen wurde ich aufmerksam auf eine völlig neue Möglichkeit, elektronische Schaltungen zu realisieren, und ich war fasziniert von den Halbleitern – ohne recht zu wissen, was das eigentlich ist. Das kleine Bändchen aus der Radio-Praktiker Bücherei „Rundfunkempfang ohne Röhren“ von Herbert Mende war meine Bibel. Ich habe es immer wieder gelesen und gestaunt und besitze es heute noch – die erste wissenschaftliche Veröffentlichung, die ich in der Hand hatte.

Die Persönlichkeit des Pater Leander Fischer war für mich im besten Sinne prägend. Obwohl er ja dem Orden der Benediktiner angehörte und täglich die Stundengebete verrichtete und die Messe las, hatte ich das Gefühl, dass die Wahrheit und Klarheit der Mathematik und der Naturwissenschaften für ihn außerordentlich hohe Werte darstellten. Die Einfachheit und Direktheit seines Umgangs mit uns machte einen besonderen Lehrer aus ihm, der selbst lebenslang darauf aus war, neues zu lernen, aber auch anzuwenden. Als wir schließlich 1958 maturierten, war der LASER noch nicht erfunden. Kaum aber gab es die ersten praktisch brauchbaren Geräte, engagierte er sich für den Einsatz dieser neuen Lichtquelle in der Medizin. Ich war kürzlich tief berührt zu entdecken, dass es einen Pater-Leander-Fischer

Preis der Deutschen Gesellschaft für Lasermedizin gibt: Sein Wirken wurde auch international gewürdigt.

Von zahlreichen anderen Lehrern kann ich ebenfalls viel Gutes in Erinnerung rufen. Es mag überraschen, aber das Übersetzen und Verstehen lateinischer und griechischer Texte wurde mir so vermittelt, dass ich mich nicht gequält sondern herausgefordert fühlte. Bei meiner Studienwahl beeinflussten mich keine wie immer gearteten beruflichen Pläne oder Überlegungen: Es stand für mich ohne irgendwelche Zweifel fest, dass ich Physik und Mathematik studieren müsse – ohne zu wissen, wohin mich das je führen würde.

2. Das falsche Studium?

Eine Entscheidung galt es zunächst zu treffen: Technische Hochschule Wien oder Universität Wien? Wieder ließ ich mich durch meine Neigung bestimmen: An der TH war das Studium schon damals recht streng geregelt. Es gab einen Studienplan und genaue Prüfungsvorschriften – an der Universität hingegen konnte ich belegen, wozu immer ich Lust hatte, und Inhalte und Tempo meines Studiums frei bestimmen – dies schien mir attraktiver, verlangte aber auch einiges an Selbstorganisation und Selbstdisziplin. Dies erlaubte z.B. den Besuch von Vorlesungen über Nikolaus von Kues, aber auch der legendären Psychologie-Vorlesungen von Hubert Rohrer – ohne die geringste Ahnung, wie mir das dort Gelernte bei der Bewältigung der Herausforderungen meines späteren beruflichen Lebens vielleicht einmal nützlich sein werde.

Die ersten Semester galten einer soliden physikalischen, aber auch chemischen Grundausbildung, verbunden mit sehr viel Mathematik aber auch jeder Menge Musik. Ich war von Anfang an beim Wiener Jeunesse-Chor und dazu noch bei einem kleineren Ensemble, das sich später Wiener Motetten-Chor nannte. Wenn Sie Interesse an alter Musik haben und in einem CD-Sortiment eine unserer Aufnahmen entdecken, schlagen sie sofort zu – es ist ausschließlich seltene Musik großer Schönheit, um die sich auch heute noch nicht viele Ensembles annehmen. Eine Erst - Aufnahme des Primo Libro de Madrigali von Heinrich Schütz in einem verfallenden Kloster in der Provence war wohl das erlesenste Erlebnis im Zusammenhang mit dieser Leidenschaft.



Wiener Motettenchor 1962

Übrigens gab es damals Studiengebühren, die ich zum Großteil durch Nachhilfe-Unterricht verdiente. Erst als ich im 7. Semester eine Stelle als wissenschaftliche Hilfskraft erhielt, war ich automatisch von den Gebühren befreit. An mein erstes Monatseinkommen von 1027 öS, dem Gegenwert von nicht einmal 75 €, erinnere ich mich trotzdem mit Stolz.

Als die Wahl eines Dissertationsthemas fällig war, bemerkte ich mit einiger Verwunderung wenn nicht sogar Enttäuschung, dass der Begriff „Halbleiter“ – also jene merkwürdigen mit dem Diamant verwandten harten Kristalle - in den Vorlesungen noch nicht einmal vorgekommen war. Es war mir klar, dass mich experimentelle Themen auf diesem Gebiet interessierten, doch weit und breit gab es kein Angebot, das diesem Interesse an den Halbleitern irgendwie entgegenkam. Gut vertreten war an der Universität Wien die Metallphysik mit Erich Schmid, einem der Pioniere der Metall-Plastizität. Er bot mir ein Thema an, das heutzutage dem Gebiet der Oberflächenphysik zugeordnet würde. Allerdings waren damals die experimentellen Voraussetzungen für solche Experimente, nämlich ultrahohe Vakua, an der Universität Wien noch nicht zugänglich. Die Arbeit über die Emission von Elektronen aus Metalloberflächen bei Phasenübergängen verschiedener Metalle interessierte mich sehr; ich wusste allerdings, dass ich „später“ ganz andere Stoffe untersuchen wollte. Hatte ich also das falsche Studium gewählt?

3. Eine Häufung von Glücksfällen

Mit dem Doktorat in der Tasche und der Aussicht auf eine Assistentenstelle war jedoch zunächst der neunmonatige Wehrdienst abzuleisten. Was zuerst eine „verlorene Zeit“ zu sein schien, entpuppte sich letztlich als ideale Wartezeit auf meine wahre Passion – die Halbleiterphysik. Für genau dieses Fach wurde eine neue Professur an dem Institut, an dem ich angestellt war, eingerichtet und ausgeschrieben und ich konnte den Vortrag von Karlheinz Seeger, einem aussichtsreichen Bewerber, hören - und war begeistert. Er wurde berufen und begab sich auf die Suche nach Assistenten. Eine Studienkollegin, die „sub auspiciis praesidentis“ promoviert hatte, wollte er unbedingt anwerben. Sie hatte bereits andere Pläne, wusste aber von mir, dass ich sehr an den Halbleitern interessiert bin und tröstete ihn mit dem Vorschlag, er solle mich zu einem Gespräch einladen. Er ließ mich kommen – zum Glück hatte er auch selbst auf dem Gebiet meiner Dissertation gearbeitet und wir hatten eine gemeinsame Gesprächsbasis – und ich bekam die Stelle. Schließlich konnte ich die Zeit beim Bundesheer auch insofern sinnvoll nützen, als wir eine „Reserveoffiziersarbeit“ anzufertigen hatten. Natürlich wählte ich ein militärtechnisch nicht uninteressantes Halbleiter-Thema und konnte mir so zumindest ein wenig von allem aneignen, was im Studium nicht vorgekommen war.

Seeger brachte eine Menge wertvoller moderner Ausrüstung nach Wien mit; wir fühlten uns plötzlich wie auf einem anderen Stern und begannen mit großem Enthusiasmus mit der Arbeit. Ein weiterer Glücksfall waren die Kollegen, die bald zu Freunden wurden – Helmut Heinrich, Günther Bauer, Friedemar Kuchar und später Hans Kuzmany und Karl Hess, den ich als ersten Dissertanten mit betreuen durfte. Ein weiterer Kollege, Peter Schuster, blieb nicht lange bei Seeger – aber unsere Wege sollten sich viel später wieder kreuzen.

Das Arbeitsgebiet von Karlheinz Seeger war die Physik warmer und heißer Ladungsträger in Halbleitern und wir begannen, verschiedene Themen aus diesem weiten Feld zu bearbeiten. Was hat dies alles mit „harten Kristallen“ zu tun? Nun, der Paradehalbleiter ist das eng mit dem Diamant verwandte Element Silizium, das dieselbe Kristallstruktur besitzt und auch fast so hart ist wie Diamant. Und dies gilt auch für das ebenfalls verwandte Germanium und viele Verbindungshalbleiter, die eine große, aber überschaubare Familie darstellen und eines gemeinsam haben: Wenn sie perfekt aufgebaut und von höchster Reinheit sind, kann man sie zu nicht sehr viel gebrauchen, da sie den Strom kaum leiten, sondern sehr gute Isolatoren darstellen. Erst wenn man sie kräftig erhitzt, beginnen sie zu leiten. Doch Methoden, um durch Hitze Elektronen aus Metallen in den Elektronenröhren zu befreien kannte man schon – und sie hatten große Nachteile: Das Erzeugen von Elektronen kostete eine Menge verlorene Leistung. Viele werden sich erinnern, dass ein Röhren-Radio oder -Fernseher in der kalten Jahreszeit auch einen Teil der Raumheizung bestritt. Zudem waren der Miniaturisierung von Elektronik enge Grenzen gesetzt.

Warum haben die Halbleiter als eigentlich gute Isolatoren dennoch die Elektronik fundamental revolutioniert und was sind für mich die eigentlichen Wunder der Halbleiter?

Wunder Nr. 1: Wenn man sie mit den „richtigen“ Verunreinigungen dotiert, werden sie plötzlich recht gute und vor allem perfekt kontrollierbare elektronische Leiter und man braucht keine Zusatzenergie, um die notwendigen beweglichen Ladungen zu erhalten – man bekommt sie quasi umsonst!

Wunder Nr. 2: Man kann nicht nur negative bewegliche Ladungen – die Elektronen, sondern auch positive bewegliche Ladungen erhalten, die Defektelektronen, die auch den lustigen Namen „Löcher“ tragen.

Wunder Nr. 3: Es ist möglich, aus geschickt aufgebauten Strukturen elektronische Bauelemente zu realisieren, die alles können, was sich das Herz eines Elektronikers wünscht.

Wunder Nr. 4: Diese Strukturen konnten im Laufe der Zeit immer weiter verkleinert werden, sodass heute in hochkomplexen Schaltkreisen auf der Fläche eines Fingernagels mehr solcher Bauelemente zusammengepackt werden können, als es Menschen auf unserem Globus gibt.

Und Wunder Nr. 5: Solche höchstintegrierten Schaltungen können heute sehr kostengünstig in hohen Stückzahlen angefertigt werden und zeichnen sich trotz ihrer hohen Komplexität durch eine bewundernswerte Verlässlichkeit ihrer Funktion sowie eine hohe Lebensdauer aus.

Die physikalischen Fragestellungen, denen wir uns bei Seeger widmeten, lauteten: Wie verhalten sich diese dotierten Kristalle, wenn man ein elektrisches Feld anlegt und dieses immer größer macht? Für die meisten von Ihnen wird aus der Schulphysik und der Behandlung der Elektrizitätsleitung vielleicht noch das Ohmsche Gesetz in Erinnerung sein, eine sehr einfache lineare Beziehung: Erhöht man die an einen Leiter angelegte Spannung, so erhöht sich die Stromstärke im gleichen Ausmaß. In den Halbleitern ist das anders – das Ohmsche Gesetz ist kein „ehernes Gesetz“, sondern gilt nur ungefähr und nur bei Spannungen bzw. Feldstärken, die genügend klein sind, wobei „klein“ für jedes Material etwas anderes bedeuten kann. Im Silizium etwa steigt der Strom bei genügend hohen Feldstärken überhaupt nicht mehr an sondern bleibt konstant. Seltsam, nicht? Der gute Georg Simon Ohm würde sich im Grabe umdrehen, käme ihm das zu Ohren.

Aber es kommt noch bunter: In manchen Halbleitern sinkt der Strom bei Erhöhung der Spannung! Noch seltsamer? Genau diesen Phänomenen galten unsere Untersuchungen, die experimentell recht gefinkelte Methoden erfordern, da man die Spannung nur für kurze und kürzeste Zeiten anlegen kann, also nur für eine Millionstel oder gar nur ein paar Milliardstel Sekunden, andernfalls verglüht der sonst so harte Kristall in kürzester Zeit. Was aber bereits in dieser kurzen Zeit passiert, ist hochinteressant: Genau dies zu messen, zu berechnen und zu erklären war unser Ehrgeiz.

Für den Experimentator ist es stets besonders herausfordernd, extreme Bedingungen herzustellen und möglichst exakt zu kontrollieren; etwa sehr hohe elektrische Felder, sehr große Magnetfelder oder sehr tiefe Temperaturen. Diese Möglichkeiten boten sich uns bei Karlheinz Seeger nicht nur im Institut für Festkörperphysik der Universität Wien sondern auch in seinem „Ludwig Boltzmann - Institut für Festkörperphysik“, das uns besondere experimentelle Möglichkeiten bot – so z. B. die Nutzung sehr tiefer Temperaturen in der Nähe

des absoluten Nullpunkts, wo Helium bereits flüssig ist. Das bedeutete allerdings auch gewaltigen Arbeitseinsatz, denn Geld für Techniker war rar und wir mussten vieles zusätzlich leisten, was andernorts von technischem Personal bestritten wird. So war ich etwa viele Jahre für den Betrieb einer Helium-Verflüssigungsanlage verantwortlich und überwachte schließlich deren Umbau auf halbautomatischen Betrieb.

Ich blieb aber nicht ganz den „harten“ Halbleiterkristallen treu, sondern begann mich mit einem eher exotischen Element zu befassen, dem Tellur in der 6. Gruppe des periodischen Systems. Es ist dies ein Halbleiter mit einer Vielzahl eher ausgefallener Eigenschaften – vergleicht man ihn mit Silizium oder Germanium. Dazu gehört seine interessante anisotrope Kristallstruktur, seine Weichheit und damit extreme Anfälligkeit für Gitterdefekte, und der Umstand, dass es praktisch keine Verunreinigungen gibt, die es Elektronen-leitend machen. Dieses Interesse an Tellur brachte uns in Verbindung mit einem Institut in Würzburg unter der Leitung von Gottfried Landwehr, bei dem Tellur-Forschung betrieben wurde. Und wir schlossen Freundschaft mit Klaus von Klitzing – der auch zu den Tellur-Spezialisten zählte und 1985 den Physik-Nobelpreis für die Entdeckung des Quanten-Halleffekts erhielt.

4. Forschen in Würzburg

Ende 1973 lud mich Gottfried Landwehr ein, einen Forschungs-Aufenthalt in seinem Institut in Würzburg zu absolvieren und über Hopping-Leitung in einem III-V Halbleiter zu arbeiten. Sie werden fragen: Was ist das wieder – Hüpfleitung? Sie haben richtig gehört: Es gibt Leitung nicht nur, wenn Elektronen frei umherfliegen, sondern auch, wenn sie auf bestimmten Plätzen fest sitzen und mit Hilfe der Schwingungen des Kristall-Gitters auf Nachbarplätze hüpfen können. Ich konnte den Einfluss von hohen Magnetfeldern auf diesen Leitungsprozess bei sehr tiefen Temperaturen studieren und erklären. Meine Arbeit über die Frequenzabhängigkeit dieses Leitungsmechanismus stellte sich später allerdings als fehlerhaft heraus, da ich bestimmte geometrische Besonderheiten der untersuchten epitaktischen GaAs Schichten nicht richtig berücksichtigt hatte.



Klaus v. Klitzing (Physik-Nobelpreisträger 1985) in Rom 1976

Die Zeit in Würzburg war aber die forschungs-intensivste meines Physiker-Lebens, da ich mich ausschließlich meinen Messungen und ihrer Erklärung widmen konnte – durch nichts abgelenkt außer dem gelegentlichen Genuss der hervorragenden Frankenweine.

Ich genoss auch das Privileg, im Institut zu wohnen – in einer Wohnung, die oberhalb der lag, in der einst Wilhelm Conrad Röntgen gelebt und geforscht hatte. Und wenn mir mitten in der Nacht etwas einfiel, was ich unbedingt nachlesen wollte, ging ich bei Notbeleuchtung durch die dunklen Gänge des Instituts in die Bibliothek und suchte, was mich bewegte oder der Lösung eines Problems näher brachte. Wenn allerdings ein Seminar-Gast in Würzburg Station machte, musste ich die Wohnung räumen und war bei den Klitzings eingeladen. Was gab es Schöneres für einen Tilman Riemenschneider – Bewunderer wie mich, sich drei Monate in Würzburg und Umgebung herumtreiben zu dürfen?

Zurück in Wien geschah dann der entscheidende Wechsel von den „harten Kristallen“ zur „weichen Materie“. Seeger hatte selbst einen Forschungsaufenthalt bei John Bardeen an der University of Illinois in Urbana absolviert. Er war daher immer noch in Kontakt mit ihm und lud ihn auch nach Wien ein, wo wir diese wunderbare Persönlichkeit – einen der wenigen Doppel-Nobelpreisträger (für die Erfindung des Transistors mit Brattain und Shockley und für die Theorie der Supraleitung mit Cooper und Shrieffer) – kennen lernen und mit ihm diskutieren konnten. Seeger bekam so Wind von einer möglichen Supraleitung bei relativ hohen Temperaturen in sehr exotischen organischen Kristallen. In einer Assistentenbesprechung fragte er uns, wer sich mit diesem Thema befassen wollte, und ich

hob ohne Zögern so schnell ich konnte die Hand (obwohl mir meine mangelhaften Kenntnisse der organischen Chemie schmerzlich bewusst waren). Ich war auch kühn genug, eine Bedingung zu stellen: Für die Synthese der Substanzen, die auf dem Markt nicht erhältlich waren, müsse ein organisch-synthetischer Chemiker angeheuert werden. Seeger willigte ein und stellte einen indischen Chemiker an, der gerade in Berlin promoviert hatte.



John Bardeen (Physik-Nobelpreisträger 1956 und 1972)

Bimal Kundu führte mich in die (gar nicht wohlriechenden) Geheimnisse der Schwefelorganischen Chemie ein und es dauerte nicht lange, bis ich die ersten TTF-TCNQ-Kristalle aus einem organischen Lösungsmittel erntete und ihre physikalischen Eigenschaften untersuchte. Bald war klar, dass es sich doch nicht um Supraleitung, sondern eine extrem große Anisotropie der elektrischen Leitfähigkeit handelte – aber die Faszination dieser merkwürdigen Substanzen hatte mich gepackt und ließ mich nicht mehr los. Der Schwefel spielte weiter für mich eine wichtige Rolle. Es wurde bekannt, dass das Schwefel-Stickstoff Polymer wie Gold glänzte und ein hervorragender Leiter war, zwar faserig aufgebaut und als Polymer fast so weich wie Butter - aber mit aufregenden elektronischen Eigenschaften.

Hatten wir bei den Untersuchungen der „harten“ Halbleiter stets versucht, uns möglichst „gute“ Kristalle zu kaufen oder von Kollegen auf der ganzen Welt schenken zu lassen, so galt es jetzt, die Kristallzucht selbst in die Hand zu nehmen. Dies gelang mir zu meiner Überraschung sehr gut und nach wenigen Wochen harter Arbeit und steten Hoffens und Bangens hatte ich sowohl die damals größten Kristalle des Schwefel-Stickstoff Polymers aber auch die dünnsten Haar-Kristalle dieses Stoffes auf meinem Tisch.



Kristalle des Schwefel-Stickstoff Polymers

Mit den großen Kristallen konnte ich nicht viel anfangen; sie waren eigentlich nur schön, wurden mir aber von Kollegen in Karlsruhe für Experimente der Neutronen-Beugung und Neutronen-Streuung abbettelt. Die Haarkristalle konnte ich viel besser brauchen – es gelang mir, sie zu kontaktieren und ihre elektrische Leitung zu untersuchen – so wie ich das als Kind schon mit der Bleistiftmine gemacht hatte.

Im Juni 1976 habilitierte ich mich schließlich bei Karlheinz Seeger mit Arbeiten zu den Transporteigenschaften von Tellur, um diesem Element damit endgültig den Rücken zuzukehren.

5. Unser texanisches Jahr

Eine ziemlich unerwartete Wendung nahm unser Leben (mit „unser“ meine ich unsere mittlerweile auf vier Köpfe angewachsene Familie), als mich David Seiler, ein amerikanischer

Kollege und Freund, einlud, an einem Forschungsprojekt des Office of Naval Research an seiner North Texas State University (NTSU) in Denton, Texas, mitzuarbeiten. Ohne langes Zögern stimmten meine Frau und unsere beiden Kinder, Matthias und Elisabeth zu, dieses Abenteuer zu wagen. Ich bewarb mich um ein Fulbright-Stipendium und die Reise Anfang September 1976 begann mit einer Bahnfahrt nach Luxemburg, der europäischen Basis der isländischen Loftleidir, und einem endlos langen Flug über Keflavik und New York nach Dallas, Texas. David hatte mich auch gebeten, einen Advanced Course (für Insider: einen 680) über mein Spezialgebiet, die „Hot Electrons in Semiconductors“ anzubieten. Natürlich hatte ich mich sorgfältig vorbereitet und jede Vorlesung schon mindestens einmal im Kopf durch geübt. Doch es sollte anders kommen: David holte uns zu später Nachtstunde vom Mega-Airport Dallas – Fort Worth ab und eröffnete mir schon auf der Fahrt zu seinem Haus, dass ich den 680er erst im Sommer 1977 halten sollte und dafür einen „General Physics for Non-Science Majors“ Kurs (141) anbieten sollte.



Das war ein ziemlicher Schock, doch schon nach zwei Tagen stand ich im Hörsaal und tat mein Bestes, eine Physik-Vorlesung (mit dem Verbot, höhere Mathematik zu verwenden – und dazu zählte auch die einfachste Trigonometrie) den Hörern mit Anstand zu verkaufen. Das war „Learning by Doing“ in Reinkultur und mein ziemlich holpriges Englisch – ich erinnere daran, dass ich im Gymnasium alte Sprachen gelernt hatte – wurde mit jeder Woche flüssiger. Die Kinder konnten auf Englisch gerade bis zehn zählen, wurden aber sofort in einer Elementary School untergebracht und schlugen sich aufs trefflichste durch das Dickicht

einer anderen Sprache, ja einer anderen Welt. Auch meine Forschungstätigkeit war interessant und ging zügig voran und schon bald arbeiteten wir an Manuskripten für die ersten Veröffentlichungen.

Eine wichtige Erfahrung war für mich die Mitarbeit bei der Organisation einer Spezialkonferenz über „Hot Electrons“, die dann im Juli 1977 zu Zufriedenheit aller Teilnehmer an der NTSU stattfand. (Das familiäre Highlight war jedoch eine dreiwöchige Reise durch einige der schönsten Nationalparks der USA.)

6. G oder G? (oder: Ein patriotischer Entschluss)

Zurück in Wien begann ich intensiv, mich für alle ausgeschriebenen Professuren zu bewerben, die meinem Profil und meinen Interessen entsprachen. Gottfried Landwehr hatte für einige Jahre die Position des Leiters des Hochfeld-Magnetlabors – das vom MPI für Festkörperforschung in Stuttgart gemeinsam mit den Franzosen am Institut Laue-Langevin in Grenoble betrieben wurde, angetreten. Er lud mich ein, dort eine Forschungs-Stellung anzunehmen, was für mich das Ausscheiden aus einem universitären Umfeld bedeutet hätte. Die Erzeugung und Anwendung hoher Magnetfelder hatte mich aber schon lange interessiert; ich bewarb mich, und erhielt nach einer anspruchsvollen Prozedur (2 Vorstellungsvorträge in Stuttgart und Grenoble und 10 internationale Gutachten) ein formales Angebot der Max-Planck-Gesellschaft.

Parallel dazu eröffnete sich aber eine zweite Chance: An der TU Graz war die Professur für „Angewandte Physik und Lichttechnik“ nach der Emeritierung von Prof. Erich Krautz ausgeschrieben worden, während ich in den USA tätig war. Meine lieben Kollegen und Freunde – in diesem Fall allerdings auch Konkurrenten - hatten mir verständlicherweise nichts davon erzählt; ich hatte keine Ahnung von dieser Möglichkeit und hatte mich daher auch nicht beworben. Der Berufungskommission erging es aber offenbar wie im Grimm-Märchen „Aschenputtel“: Nach Ablauf der Berufungsvorträge war die oder der „Richtige“ noch nicht gefunden. Die Kommission war jedoch nicht auf Bewerbungen beschränkt – sondern auch zur sogenannten „Amtswegigen Nachforschung“ befugt, ja sogar verpflichtet. So erhielt ich an einem Montagmorgen einen Anruf vom Vorsitzenden Prof. Helmut Jäger, der mir die Situation erklärte und mich gleich fragte, ob ich am Donnerstag der gleichen Woche einen Vortrag halten könne. Meine Antwort war ein nahezu verzögerungsfreies „selbstverständlich“.

Die Unterlagen waren rasch zusammengestellt; ich wollte aber den Zuhörern die Möglichkeit geben, worüber ich sprach aus der Nähe zu betrachten, ja zu „begreifen“ und ich fertigte in großer Eile eine Kasette mit verschiedenen elektronischen Leitern an – natürlich auch mit „harten Kristallen“, aber auch mit Proben „weicher Materie“ wie Polyazetylen und dem Schwefel-Stickstoff-Polymer. In einem zweiten, kleineren Kästchen konnte man selbst den Stromfluss durch die neuen, organischen Metalle ein- und ausschalten. Vielleicht haben mir diese beiden Objekte Glück gebracht: Was man anfassen kann, begreift man doch leichter.

Nach dem Vortrag blieb ich noch einen zweiten Tag in Graz und stellte mich allen Professoren der Physik persönlich vor. Wenige Tage später sagte mir ein Wiener Kollege abends vor dem Heimgehen: „Du bist auf dem Dreivorschlag!“ Er hatte sich ebenfalls beworben und die Abläufe genau verfolgt. Allerdings begann jetzt eine lange Wartezeit, denn aus Spargründen (es war das Jahr 1978 - ebenfalls durch Budgetknappheit gekennzeichnet) wurden Berufungsverhandlung von der damaligen Ministerin Hertha Firnberg nicht sofort in Angriff genommen sondern auf die lange Bank geschoben. Erst im Mai 1979 wurde ich zu Verhandlungen ins Ministerium eingeladen – es hat seither seinen Namen so oft geändert, dass ich nicht mehr sicher weiß, wie es damals hieß, ich glaube BMfWF. Diese Verhandlungen mit Frau Ministerialrat Barbara Borek habe ich in bester Erinnerung – ich habe seither ein ausgezeichnetes gegenseitiges Verständnis erlebt und freue mich jedes Mal, wenn ich sie wieder treffe.

Zu lösen war jetzt die Frage: G oder G – Grenoble oder Graz? Die Entscheidung war aber gar nicht so schwierig: Meine fehlende Kenntnis der französischen Sprache war wohl nicht so ausschlaggebend wie mein Wille, an einer Universität tätig zu sein. Die Forschungsmöglichkeiten waren zwar in Grenoble ungleich attraktiver – hat doch Klaus v. Klitzing bald nach diesem Jahr den Quanten-Halleffekt bei Messungen in diesem Labor in Grenoble entdeckt, die ihm 1985 den Nobelpreis für Physik eintrugen. Ich habe jedoch meine Entscheidung für Graz und damit für Österreich, dem ich meine gesamte Bildung, aber auch meine Ausbildung von der Volksschule bis zur Habilitation verdanke, niemals bereut. Der Start an der TU Graz gestaltete sich allerdings nicht ganz so einfach, wie ich erhofft hatte: Darüber breite ich allerdings den Mantel des barmherzigen Schweigens aus.

7. Die neue Arbeitsrichtung „Advanced Materials“ an der TU Graz

Schon bei den Verhandlungen im Ministerium musste ich mir im Klaren sein, welche Arbeitsrichtung in dem Institut für Festkörperphysik – so sollte es mit meiner Ernennung fortan heißen – eingerichtet werden sollte: die alten „harten“ Halbleiter oder die neuen „weichen“ organischen Advanced Materials? Diese Entscheidung fiel mir nicht sehr schwer – die Physik der klassischen anorganischen Halbleiter war in Österreich mittlerweile an mehreren Plätzen etabliert und hervorragend besetzt: durch Hans Pötzl und Karlheinz Seeger in Wien, Helmut Heinrich in Linz, Günther Bauer in Leoben und Erich Gornik in Innsbruck. Ein wenig zögerte ich dennoch, denn die praktische Anwendbarkeit der neuen Materialien stand damals noch keineswegs fest, vor allem wegen ihrer chemischen Angreifbarkeit und Instabilität. Ich nahm aber das Risiko meiner Entscheidung für die organischen Leiter und Halbleiter auf mich und interessante Wissenschaft an der Front des Geschehens konnte man auf diesem Gebiet allemal betreiben. Bald stellten sich die ersten Mitarbeiter ein, unter denen sich einer durch besonderes Engagement und einen nahezu unübertrefflichen Enthusiasmus auszeichnete: Günther Leising begann seine Dissertation über Transporteigenschaften des Polyazetylen, des einfachsten organischen leitenden Polymers, das damals eine Art Modellsubstanz darstellte.

Zu meiner Überraschung konnten wir bald mit dem Institut für Chemische Technologie organischer Stoffe eine Kooperation aufnehmen. Dort hatte der heutige Vizerektor für Forschungsangelegenheiten, Franz Stelzer, auf seinem Tisch eine Substanz, aus der man das besagte Polyazetylen auf einem ganz anderen Weg herstellen konnte, als mit der nicht ganz ungefährlichen Ziegler-Natta Katalyse. Wir verfassten einen FWF - Forschungsantrag mit dem Titel „Amorphes Polyazetylen“. Die ironische Alogik der Forschung brachte es mit sich, dass Günther Leising bei der Arbeit an diesem Forschungsvorhaben die Synthese des am wenigsten amorphen, dafür aber am höchsten kristallinen Polyazetylen gelang. Die perfekte Ausrichtung der Polymerketten machte es zu einem in jeder Hinsicht hoch anisotropen und natürlich auch optisch polarisierenden Material. Bei der einschlägigen Fachtagung 1984 in Abbano Terme hatten wir den ersten Vortrag: Ich sprach und Günther stand beim Projektor und demonstrierte die perfekte Polarisation durch Verdrehen zweier Proben im Lichtstrahl des Projektors gegeneinander. Das klappte so hervorragend, dass wir mit „standing ovations“ belohnt wurden, das einzige Erlebnis dieser Art in meiner ganzen Vortragslaufbahn.



Alan Heeger (Nobelpreisträger für Chemie 2000) mit Günther Leising

Schon dieser Bericht zeigt, dass sich Günther Leising immer mehr für die optischen Eigenschaften und Anwendungspotentiale dieser Stoffe zu interessieren begann. Ich hatte auch eine PPP (Polyparaphenylen)-Probe aus der Wiener Zeit mitgebracht und wir begannen – Heinrich Hess war da beteiligt – mit Untersuchungen der Lumineszenz dieser Substanz. Das passte auch immer mehr in das frühere Arbeitsgebiet des Instituts unter Erich Krautz – er war von OSRAM gekommen und ein Lumineszenz – Spezialist. All dies war nicht sorgfältig geplant, sondern ergab sich aus der eher sprunghaften Entwicklung der Forschung, die auch Irrwege und Sackgassen nicht ausschließt - Forschung, die sich ja nicht wirklich wie ein Bauwerk planen lässt, sondern wesentlich durch unbändige Neugier getrieben wird.

Mehr und mehr wurde ich mit Funktionen und Aufgaben innerhalb der TU Graz betraut: das brachte natürlich eine zunehmende Beschneidung meiner Möglichkeiten mit sich, an der Forschung aktiv teilzunehmen. Ein experimentierender Physiker, wie ich es verstehe, ist nur so lange ein Forscher, als er täglich im Labor steht, experimentiert, misst – und NEUES entdeckt. Sobald er dies nicht mehr tut, sollte er nicht mehr als Autor auf Veröffentlichungen aufscheinen – und so habe ich es auch gehalten. Obwohl die Abnabelung von der Forschung für mich ein durchaus schmerzlicher Prozess war, habe ich ihn nicht bereut, sondern mich mit Neugier und Leidenschaft neuen Aufgaben und Herausforderungen gestellt.

Nicht unerwähnt will ich lassen, dass ich im Institut bei meinem Start eine Arbeitsgruppe vorfand, die sich unter Leitung von Klaus Rendulic hochinteressanten Themen der Oberflächenphysik widmete. Diese Gruppe mit Adolf Winkler und später Robert Schennach und vielen Diplomanden, Diplomandinnen, Dissertantinnen und Dissertanten, war und ist sehr erfolgreich und international bekannt und anerkannt. Es war mein Bestreben, ihr die identischen Arbeitsbedingungen zu sichern, die meiner Gruppe mit Günther Leising und später Roland Resel, Emil List und Egbert Zojer und vielen Jüngeren zur Verfügung standen. Ein weiterer glücklicher Umstand war, dass die Metallphysik, die zu einer technischen Festkörperphysik unbedingt dazugehört, durch Manfred Leisch kompetent vertreten war und ist. Eine geradezu diebische Freude bereitete mir die Beobachtung, dass die Forschungsinteressen der Gruppen, die wohl lange Jahre wenig miteinander zu tun hatten, mehr und mehr konvergieren – ein Prozess, den man nicht befehlen oder gar erzwingen kann, der aber umso beglückender ist, wenn er sich von selbst einstellt.

Um Ihnen zusammenfassend vor Augen zu führen, was Forschung möglich machen kann, wie ich sie betreiben durfte und wie sie in unserem Institut seit nunmehr 30 Jahren so erfolgreich stattfindet, beschreibe ich Ihnen einfach mein Mobiltelefon. Ich habe mir gerade dieses angeschafft, weil es eine AMOLED - Anzeige besitzt, das bedeutet Active Matrix Organic Light Emitting Diodes. Gerade zu diesem Thema hat Günther Leising mit Gabi Grem und Bruno Ullrich mit der ersten Realisierung blauer Elektrolumineszenz aus einem leitenden Polymer einen ganz wichtigen und viel zitierten Beitrag geleistet. So ein Smartphone wie dieses ist damit auch ein Gerät, indem sowohl die alten „harten“ Halbleiter – hier vor allem Silizium in Form höchstintegrierter Schaltkreise – als auch die neuen weichen Stoffe, organische Moleküle, im Display zusammenwirken. Tasten sind übrigens auch bereits weitgehend obsolet geworden, da der Leuchtschirm nicht nur brillant leuchtet sondern auch hochempfindlich auf Berührungen reagiert.

Dieses Wunderding mit einem Gewicht von ca. 100 Gramm ist natürlich

- 1) ein Telefon, mit dem ich auch Kurznachrichten sende und empfangen,
- 2) ein leistungsfähiger Computer, der mich mit dem Internet verbindet, sodass ich surfen sowie Emails senden und empfangen kann,
- 3) ein GPS Gerät, das mir über die Signale der GPS-Satelliten meine genaue geographische Position anzeigt und damit auch ein Navigationsgerät, ein Atlas und ein Reiseführer,
- 4) eine hoch auflösende Fotokamera,
- 5) eine handliche Videokamera,
- 6) ein Fotobetrachter,
- 7) ein Video - Player,
- 8) ein UKW-Radio,
- 9) ein Mp3-Musik-Player,
- 10) ein Fernseher,
- 11) ein Lesegerät für elektronische Bücher,
- 12) eine Uhr mit Wecker und Stoppuhr,
- 13) ein Taschenrechner mit mathematischen Funktionen,
- 14) ein Aufnahmegerät für Musik und Sprache,
- 15) ein Terminkalender,
- 16) ein Notizblock,
- 17) ein Kompass,
- 18) eine Wasserwaage,
- 19) eine kleine Spiele - Konsole,
- 20) eine Taschenlampe, wenn es plötzlich finster wird

und noch vieles mehr, das ich noch gar nicht herausgefunden habe. Dies alles wäre ohne die Halbleiter vollkommen undenkbar, wäre in Form von Einzelgeräten horrend teuer, und sehr, sehr sperrig. Dass aber auch die Forschung in der Informatik wesentlich zu diesem und ähnlichen Geräten geführt hat, vergesse ich nicht hier mit höchster Bewunderung erwähnen.

Wir sollen ja heute über nachhaltige Entwicklungen an der TU Graz sprechen. Wie es mit unserem Institut und der Forschung zur organischen und molekularen Elektronik weitergehen

wird, berichtet ihnen später mein Nachfolger Peter Hadley, der 2006 an die TU Graz berufen wurde und diese Weiterentwicklung entscheidend mitbestimmen wird.

8. Neue Aufgaben

Zu Beginn meiner Arbeit an der TU Graz versicherte mir Helmut Jäger, dass er mithelfen werde, mich in der ersten Zeit von administrativen Aufgaben abzuschirmen. Dieser Freiraum war auch unbedingt notwendig, um neue Lehrveranstaltungen zu entwickeln und die Forschungsarbeit in Schwung zu bringen. Dies hielt allerdings nicht allzu lange an, galt doch 1979 ein Universitätsorganisationsgesetz, das sich zwar durch ein hohes Maß an Mitbestimmung aller universitären Gruppen auszeichnete, aber eine schier überbordende Vielfalt von Kommissionen und Kommissiönchen für buchstäblich alles und jedes vorsah. Bald fand ich mich in der Rolle des Vorsitzenden nicht nur einer sondern einiger Kommissionen mit ihren Sitzungen, Ritualen, Protokollen und juristischen Tücken und Spitzfindigkeiten. Auch dafür war ich nicht im Geringsten vorbereitet und musste mich wieder voll auf die Technik des „Learning by Doing“ verlassen. Ganz ungeschickt dürfte ich mich nicht angestellt haben, denn schon 1986 fragten mich Kollegen und Studierende, ob ich mich als Dekan der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät bewerben wolle. Leichte Aufgabe war das keine, denn diese Riesen-Fakultät bestand aus mehreren Fachrichtungen, vielen Instituten – und einer Fülle von eigenwilligen Persönlichkeiten – wie sich das für eine Universität gehört. Ich überlegte nicht lange, wurde gewählt und begann als Prädekan, eine Art Dekans-Lehrling, den Dekan Karl Kordes bei seiner Arbeit zu unterstützen und das Handwerk, das allerdings mehr ein Kopfwerk ist, zu erlernen. Als ich dann in der Mitte meiner damaligen zweijährigen Dekans-Periode gefragt wurde, ob ich für eine zweite zur Verfügung stünde, freute ich mich, dass ich auch in diesem Amt nicht alles falsch gemacht haben dürfte und sagte ja.

Prägend für meine weitere Tätigkeit war das Erlebnis, dass Reinhard Haberfellner als Rektor die späteren gesetzlichen Entwicklungen vorweg nahm und mich in sein Team als Vizerektor für Forschungsangelegenheiten einbaute, lange bevor es diesen Begriff offiziell gab. Unser Reformeifer war voller Ambitionen und diese Zeit in seinem Team war für mich eine der wichtigsten in meiner akademischen Laufbahn. Die TU Graz war und ist eine durchaus sehr forschungsorientierte und forschungsintensive Hohe Schule, wurde aber nicht als solche wirklich eingestuft und öffentlich wahrgenommen. Dass sich dies seither drastisch verbessert hat, nehme ich – zumindest zu einem kleinen Teil – gerne auf meine Kappe.

Nach drei Jahren Dekans-Tätigkeit, die mir auch wegen der sehr vertrauensvollen Kooperation mit Barbara Borek als unserer ministeriellen Ansprechpartnerin in sehr guter Erinnerung ist, war ich bei der anstehenden Rektors-Wahl einer der Kandidaten. Meine Wahl kam auch für mich überraschend – hatte ich doch nicht einmal einen technischen akademischen Grad erworben; jedoch das Vertrauen, das die Techniker in mich setzten, war für mich eine der höchsten Anerkennungen, die ich jemals erlebt habe.



Anton Petz: Hartmut Kahlert – Rektor der TU Graz (1991 -1993)

Die Herausforderungen dieses Amtes unterscheiden sich allerdings wesentlich von denen, die heute an eine Rektorin oder einen Rektor gestellt werden. Die Tradition der Rotation dieses Amtes an der TU Graz zu Vertretern der damals fünf Fakultäten empfand ich als eine ausgleichende und integrierende Maßnahme und verweigerte mich deshalb auch dem Ansinnen, eine zweite Amtsperiode zu dienen. Mein Nachfolger Josef Wohinz hatte die schwierige Aufgabe, die TU Graz auf eine neue Organisations - Form vorzubereiten und in ein neues Gesetz zu führen.

Außerdem wartete schon die nächste Herausforderung auf mich: die Tätigkeit als Referent für alle beim FWF eingereichten Physik-Projekte im FWF-Kuratorium, dem ich als Vertreter der TU Graz angehörte. Ich begann diese Aufgabe unter dem neuen Präsidenten Arnold Schmidt, einem von mir hoch geschätzten Physik-Kollegen und bald guten Freund. Ich hatte Gelegenheit, die Methoden der Evaluierung zu erlernen, das Funktionieren des Peer Review Verfahrens zu verstehen, und war mit Arbeit so eingedeckt, dass ich rückblickend diese Zeit als die arbeitsintensivste meiner gesamten Laufbahn bezeichnen würde. Dies war aber auch deswegen so, weil ich in diesen Jahren (1993 – 1996) als Mitherausgeber einer Zeitschrift „Europhysics Letters“ der Europäischen Physikalischen Gesellschaft tätig war, die – bei Einhaltung höchster Qualitäts-Standards - sehr rasch publizieren wollte. Jede Woche flatterten mir Manuskripte auf den Tisch, für die ich die kompetentesten Gutachter zu nominieren und die Entscheidung über Annahme oder Ablehnung zu treffen hatte. Die zahlreichen Meetings mit den anderen Mitgliedern des Editorial Boards, ob nun in Genf, Bologna oder Paris, erweiterten meine Kenntnis der europäischen Dimension der Physik beträchtlich.

1996 galt bereits ein neues Universitäts-Organisationsgesetz mit neuen Strukturen und Rahmenbedingungen. Als neuer Rektor wurde Irolt Killmann gewählt – ein Absolvent der TU Graz mit lebenslanger industrieller Erfahrung in vielen Führungspositionen. Er fragte mich, ob ich als Vizerektor für Forschungs - Angelegenheiten mit ihm zusammenarbeiten wolle, und da ich das unter Reinhard Haberfellner und Günther Schelling eigentlich schon „geübt“ hatte, nahm ich auch diese Herausforderung freudig an. Eine tragische Wendung nahm Irolt Killmanns Amtszeit, als er im Herbst 1998 schwer erkrankte und nach einem Jahr aussichtslosen Kampfes gegen eine auch heute noch unbesiegbare Krebserkrankung im Herbst 1999 verstarb. Als sein Stellvertreter hatte ich die Amtsgeschäfte 1998 geführt und wurde vom Senat beauftragt, sie bis zum Ende der vierjährigen Periode, also auch noch 1999 zu übernehmen. Ich tat dies auch, fühlte mich aber sehr häufig überfordert, denn das Rektorat war unter dem neuen Gesetz eine Vollzeit-Tätigkeit, ich versuchte aber, meinen Pflichten in der Lehre und meinem Institut treu zu bleiben, und das war manchmal mehr, als ich zu leisten imstande war.

Irolt Killmanns Nachfolger, der Volkswirt Erich Hödl, wollte mich ebenfalls als Vizerektor in sein Team holen – ich wurde jedoch nicht gewählt und tröstete mich mit dem Sprichwort: „Allen Menschen recht getan ist eine Kunst die niemand kann“.

Als die Universität für Bodenkultur, an der unsere Tochter ihren Diplomingenieur-Grad erwarb, - worauf wir mindestens so stolz sind wie sie selbst - mich 2007 in ihren Universitätsrat wählte, begann für mich ein neues Kapitel meiner Verstrickung in die Aufgabe, Österreichs Universitäten weiter zu entwickeln, und ich weiß noch gar nicht, wohin mich das letztlich führen wird.

9. Asien ruft

Meine Reiseerlebnisse in asiatische Länder beschränkten sich bis 1993 auf Reisen nach Japan. Das änderte sich grundlegend, als ich 1994 Gelegenheit hatte, mit einer Delegation der Rektorenkonferenz Taiwan, Thailand und Indonesien zu besuchen. Im Herbst 1994 wurde das Austrian-South East Asian Universitätsnetzwerk vom Innsbrucker Chemiker Bernd Rode gegründet und ich koordinierte von Anfang an die Beteiligung der TU Graz an dieser Initiative. Ein Grundprinzip der gemeinsamen Aktivitäten war und ist die Auswahl der teilnehmenden und geförderten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ausschließlich gemäß ihrer Kenntnisse und Qualifikationen, und ich geriet mehr und mehr in die Rolle dessen, der in persönlichen Gesprächen mit den Bewerbern die besten herausfinden sollte – keine leichte Aufgabe, da das Interesse, in Österreich zu forschen oder sogar ein Doktorat zu erwerben immer größer wurde. Jedoch boten die zahlreichen Reisen in die südostasiatischen Länder Thailand, Vietnam, Indonesien, Laos und Kambodscha nicht nur die Möglichkeit, hoch ambitionierte junge Menschen dieser Länder kennen zu lernen, sondern auch mit der Geschichte, der Kultur und den landschaftlichen Schönheiten dieses „Paradieses auf Erden“ vertraut zu werden. Der zeremonielle Höhepunkt dieser Erfahrungen war wohl die Verleihung eines königlichen thailändischen Ordens an zwei Kollegen und mich im Jahre 2010.

Eine neue Dimension gewann dieses Engagement für die Kooperation mit Asien, als 2003 Pakistan mit Österreich vereinbarte, Doktorats-Studenten auf pakistanische Kosten nach Österreich zum Studium an einer österreichischen Universität zu senden. Ich war von Anfang an Mitglied der Auswahlkommission und habe zahlreiche Reisen in dieses von Naturkatastrophen aber auch politischer Unruhe gepeinigte, wunderbare Land unternommen und an die Tausend hoch motivierte junge Menschen interviewen dürfen. Und wenn es die Umstände wieder erlauben, werde ich so bald wie möglich erneut nach Islamabad, Karachi oder in meine Traumstadt Lahore reisen, um Studierende für ein Studium in Österreich auszuwählen und ihnen damit neue Perspektiven zu eröffnen sowie einen Einblick in eine andere Kultur und eine Welt ohne religiösen Fanatismus zu ermöglichen.

10. Was sagt Ihnen Doppler – und wer war Hess?

Der gelehrte Österreicher verbindet mit dem Begriff „Doppler“ ein recht voluminöses Gefäß aus meist grünem Glas, in das nicht immer der hochwertigste, aber selten ungenießbarer Weiß- oder Rotwein abgefüllt wird. Nicht so wir Physiker: Christian Doppler war einer der Größten unserer Zunft in unserem Land und wird es auch für immer bleiben. Arnold Schmidt, dem ich später auch gedient habe, als er Präsident des FWF wurde, entwarf 1989 ein Kooperationsmodell zwischen Unternehmen und Universitäten und es kam zur Gründung von Labors, die Christian Doppler Laboratorien genannt wurden und sich bald als eine in vieler Hinsicht ideale Möglichkeit der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft

bewährten. Reinhard Kögerler entwickelte dieses Modell weiter und ich wurde 2000 in den wissenschaftlichen Senat der Christian Doppler Forschungsgesellschaft gewählt.



CDG-Spitze 09: F. Rammerstorfer, U. Unterer, R. Kögerler, H. Kahlert

Der langjährige Senatsvorsitzende war Helmut Heinrich – ich finde es nicht uninteressant, dass nicht nur Arnold Schmidt sondern auch Helmut Heinrich und Reinhard Kögerler Physiker sind, wie unser Vorbild und Namenspatron Christian Doppler.

2004 folgte ich Helmut Heinrich als Vorsitzender des Senates nach und war für fünf Jahre in der Spitze dieses Gremiums tätig, in dem in selten verständnisvoller Weise Menschen der Forschung aus Unternehmen und Universitäten an einem gemeinsamen Ziel arbeiten – nämlich Erkenntnisse und Ergebnisse der Wissenschaft in innovationsfreudigen Unternehmen in wirtschaftlichen Erfolg umzumünzen. Der Senat war und ist für die wissenschaftliche Qualität der Labors und vor allem deren Leiterinnen und Leiter zuständig und verantwortlich. Ich genoss in dieser Funktion das Privileg, die aktuellsten Erkenntnisse aber auch Visionen in den verschiedensten Wissenschaftsdisziplinen mit zu erleben – hatte also nicht nur viel Arbeit zu bewältigen, sondern wurde dafür reichlich belohnt.

In den letzten drei Jahren konnte ich mich gemeinsam mit zwei Freunden, Peter Schuster, dem ich anfangs bei Seeger begegnet war, und Heinz Krenn, Physiker an der Karl-Franzens-Universität in Graz, für einen anderen österreichischen Physiker nützlich machen, der wahrscheinlich noch unbekannter ist als Christian Doppler, nämlich für den Entdecker der Höhenstrahlung und Nobelpreisträger Victor Franz Hess. Wir gründeten eine V.F. Hess Gesellschaft und wurden von der Gemeinde Pöllau gastfreundlich im Schloss untergebracht,

Hartmut Kahlert

geboren am 16. Mai 1940 in Iglau, CSR
Volksschule und Schottengymnasium in Wien

1958 - 1965	Studium der Physik und Mathematik an der Universität Wien
1965	Promotion zum Doktor der Philosophie, Univ. Wien
1962 - 1965	Wissenschaftliche Hilfskraft am 2. Physikalischen Institut der Universität Wien
1966 - 1979	Universitätsassistent am selben Institut
1974	Gastforscher an der Universität Würzburg, BRD
1976	Habilitation (Experimentalphysik), Universität Wien
1976/77	Visiting Professor of Physics and Fulbright Scholar NTSU, Texas, USA
1979 - 2008	O. Univ. Prof. für Angewandte Physik, Vorstand des Instituts für Festkörperphysik an der Technischen Universität Graz
1987 - 1991	Dekan der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der TU Graz
1991 – 1993	Rektor der Technischen Universität Graz
1994 - 1996	Mitglied des Kuratoriums des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF), zuständig für alle Physik-Projekte beim FWF
1993 – 1996	Coeditor, Europhysics Letters, EPS, Genf
Seit 1994	Koordinator der Südost-Asien and Süd-Asien Aktivitäten der TU Graz (ASEA-UNINET), zahlreiche Reisen nach Thailand, Vietnam, Indonesien und Pakistan
1996 – 2000	Vizerektor für Forschungsangelegenheiten der TU Graz
1998 – 2000	Amtierender Rektor der Technischen Universität Graz
Seit 2000	Mitglied des wissenschaftlichen Beirats des “Steirischen Gedenkwerks – Josef Krainer”, Graz
Seit 2000	Mitglied des wissenschaftlichen Beirats des interuniversitären Forschungszentrums für Technik, Arbeit und Kultur, Graz
Seit 2001	Mitglied des wissenschaftlichen Senats der Christian-Doppler Forschungsgesellschaft, Wien

2003 - 2004	Leiter des postgradualen Universitätslehrgangs: “Nanotechnologie und Nanoanalytik” an der TU Graz
Seit 2003	Berater and Interviewer für das PhD Programm der pakistanischen Higher Education Commission mit Österreich, Islamabad
2004 - 2009	Vorsitzender des wissenschaftlichen Senats der Christian - Doppler Forschungsgesellschaft, Wien
2007	Österreichischer Koordinator für die Planung einer neuen Pakistanisch - Österreichischen technischen Universität in Lahore (Pakistan)
Seit 2007	Mitglied des Universitätsrates der Universität für Bodenkultur Wien
Seit 2007	Vizepräsident der österreichischen Victor-Franz-Hess-Gesellschaft (Pöllau, Steiermark)
Seit 2007	Mitglied des Panels des österreichischen COMET-Programmes des BMWFJ und des BMVIT
2008	Emeritierung
2007	Großes goldenes Ehrenzeichen für Verdienste um die Republik Österreich
2010	Companion of the most exalted Royal Order of the White Elephant (Thailand)

Wissenschaftliche Arbeitsgebiete:

Physik heißer Ladungsträger in Halbleitern, physikalische Eigenschaften des Tellur, Struktur-, Transport- und Magnetotransport- Eigenschaften „synthetischer Metalle“, insbesondere „leitender Polymere“, Halbleiter-Bauelemente-Physik, „organische Elektronik“, 75 Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften, Konferenz -Proceedings und Büchern

Peter Hadley

Univ.Prof. Ph.D.,

Leiter des Institut für Festkörperphysik der TU Graz

Organic electronic materials

ORGANIC ELECTRONIC MATERIALS

Peter Hadley

When we think about electronics, we often think about high performance computing. Computers, mobile telephones, and microcontrollers affect almost every aspect of our lives. The dominant material in these applications is the semiconductor silicon and in high performance computing applications, silicon has no real competition. There are, however, many applications outside the field of high performance computing where other materials can outperform silicon. These applications include displays, efficient lighting, solar cells, environmental sensors, and chemical sensors. While organic materials are best known as insulating plastics, they can be modified such that they are conductors or semiconductors and used for electronics. Organics can be thought of as the chameleons of the materials. They can be hard or soft, transparent or opaque, elastic or brittle, conducting or insulating. They can be optimized for their photoreactivity, chemical reactivity, flexibility, or biocompatibility. Organic material can also be processed in inexpensive and energy efficient ways like stamping, spraying, dip coating, and printing.

Some of the pioneering work on organic conductors and semiconductors was performed more than 30 years ago at the TU Graz by Hartmut Kahlert, Günther Leising, and Franz Stelzer. One of the early successes was the production of the first blue organic light emitting diode (OLED). Since that time, TU Graz has developed into an internationally recognized center for organic electronics. This one of the most successful scientific fields at the TU Graz with twenty percent of the 100 most highly cited TU Graz papers published on this topic.

Self-assembly is an important theme in organic electronics. We find inspiration in biological systems where molecules self-assemble in to motors, pumps, valves, sensors, and energy harvesting systems (photosynthesis). Remarkably these devices are produced in biological cells at low temperatures using cheap and abundant materials. We are far from being able to exploit self-assembly at the level of sophistication that it used in biology. Nevertheless, there is a clear trend in industry to move to processes that exploit self-assembly.

One of the simplest forms of self-assembly is crystallization. Organic molecules will often form crystals, for example sugar. Typically the best electrical and optical performance is found in crystals. Because of their size and flexibility, organic molecules form crystals differently than inorganic materials. An extensive set of analysis techniques are used to characterize the materials that includes electron microscopy, atomic force microscopy, optical spectroscopy, and x-ray diffraction. Two examples of how organic molecules crystallize were recently described in the journals Science and Nature by researchers at the TU Graz.

An example of an application where organic electronics might be used would be a chemical sensor that detects when packaged meat in the supermarket has gone bad. This sensor would require a power source (like a battery or a solar cell), some sensor elements that would detect the presence of several distinct gases, a logic circuit that would check to see if the detected

gasses have the characteristic composition of spoiled meat, and a display that can indicate that the meat is no longer good. For the power source organic solar cells are being developed in the CD Laboratory for Nanocomposite Solar Cells that can be printed in a roll-to-roll process. We have realized sensing elements which range from simple materials whose resistivity is changed when it is exposed to a specific gas to much more sophisticated sensors based on plasmonics. Together with the electronics company Philips, organic transistors that would be used for the logic circuit have been developed. Other transistor circuits that are made by stamping patterns in thin organic films are being developed at Joanneum Research. In partnership with the largest printed circuit board company in Europe, (AT&S), an inkjet printing method was developed to print resistors, capacitors and the wiring needed to connect electrical components. Organic electrochromatic displays have been developed together with AustriaMicrosystems. We do not yet have the technology to integrate all of these devices into a circuit. However, we are clearly moving in that direction. The final product would be produced on a small energy budget and would be environmentally benign.

Right now, the most economically important application for organic electronics is displays. Increasingly many phones and hand held devices are using OLEDs. In the future, organic lighting panels that would replace light bulbs and organic solar cells are possible large markets. It is expected that organic electronic materials will continue to surprise and engage our scientific curiosity while providing technical solutions to some of the problems facing society.

Zur Reihe „Nachhaltige Entwicklungen an der TUGraz und ihre Initiatoren“

Die Technische Universität Graz ist aus dem 1811 gestarteten Unterricht am Joanneum hervorgegangen, dessen Ziel es von Beginn an war, das Wissen der Gegenwart durch Anwendung in der Praxis in besonderer Weise für das Wohl der Menschen nutzbar zu machen. In dieser Veranstaltungsreihe aus Anlass des 200-jährigen Bestandes des eigenständigen technischen und naturwissenschaftlichen Unterrichtes in Graz werden ausgewählte Persönlichkeiten vorgestellt, die der Verwirklichung dieses Gründungsgedankens in herausragender Weise entsprochen haben.

Kontakt: Josef Affenzeller, Kurt Friedrich, Wolfgang Wallner
EINTRITT FREI ANMELDUNG unter: forumTUG@tugraz.at

Forum Technik und Gesellschaft
an der Technischen Universität Graz
Schlögelgasse 9/1, A-8010 Graz
<http://TUG2.TUGraz.at>

eine Kooperation von:

alumniTUGraz 1887



gefördert von:

