



# Hermann Schmalzried

Reden anlässlich der Verleihung der  
Ehrenpromotion (Dr. rer. nat. E. h.)  
an Prof. Dr. rer. nat. Hermann Schmalzried  
durch die Universität Stuttgart  
am 17. Januar 2003

Reden und Aufsätze  
herausgegeben im Auftrag des Rektorats der Universität Stuttgart  
von Ottmar Pertschi

Redaktionsrat:  
Prof. Dr.phil. Horst Thomé (Prorektor für Lehre und Weiterbildung)  
Prof. Dr.Ing. Frank Allgöwer  
Prof. Dr.phil. Folker Reichert  
Ottmar Pertschi

© Universitätsbibliothek Stuttgart 2004  
Postfach 10 49 41, D-70043 Stuttgart  
Telefon (07 11) 1 21-22 22; Telefax 1 21-35 02  
[www.ub.uni-stuttgart.de](http://www.ub.uni-stuttgart.de)

Druck: Offizin Chr. Scheufele, Stuttgart

ISSN 0940-0710  
ISBN 3-926269-66-9

# Inhalt

*Dieter Fritsch*

Begrüßung anlässlich der Verleihung der Würde  
eines Dr. rer. nat E. h. an Herrn Prof. Dr. rer. nat.  
Hermann Schmalzried

7

*Helmut Bertagnolli*

Rede anlässlich der Ehrenpromotion von  
Herrn Prof. Hermann Schmalzried

13

*Joachim Maier*

In Sachen Hermann Schmalzried - eine Laudatio

17

*Hermann Schmalzried*

Danksagung: Die Universität als Lebensform

39

# Begrüßung

**Prof. Dr.-Ing. Dieter Fritsch**  
**Rektor der Universität Stuttgart**

*Rede anlässlich der Verleihung der Würde eines Dr. rer. nat. E.h. an  
Herrn Prof. Dr. rer. nat. Hermann Schmalzried  
Emeritierter Professor der Universität Hannover  
am Freitag, den 17. Januar 2003, 18.00 Uhr, Senatssaal*

Sehr geehrter Herr Professor Schmalzried,  
sehr geehrter Herr Kollege Bertagnolli  
sehr geehrter Herr Kollege Maier,  
sehr geehrte Ehrensenatoren und -doktoren,  
verehrte Gäste,  
liebe Mitglieder unserer Universität,

ein herzliches Willkommen Ihnen allen hier im Senatssaal der Universität Stuttgart! Die Musikerinnen und Musiker des Akademischen Orchesters unserer Universität haben uns einen festlichen Auftakt dieses besonderen Abends mit dem Quintett für Klarinette, zwei Violinen, Viola und Violoncello in B-dur, op.34, Allegro, von Carl Maria von Weber beschert. Hierfür danke ich Ihnen sehr herzlich!

## I.

Verehrte Festgäste, im Namen des Rektorats begrüße ich Sie sehr herzlich zu einem Festakt der besonderen Art. Wir sind heute Abend hier zusammengekommen, um Herrn Professor Hermann Schmalzried die Würde eines Dr. rer. nat. ehrenhalber der Universität Stuttgart zu verleihen. Mit der akademischen Auszeichnung der Ehrenpromotion – der höchsten wissenschaftlichen Ehrenbezeugung, die eine Universität zu vergeben hat – möchten wir heute Abend die besonderen Verdienste Hermann Schmalzrieds um die Thermodynamik und Kinetik fester Stoffe würdigen.

Als Rektor dieser Universität erfüllt mich die heutige Ehrung mit besonderer Freude: Denn der Grundstein für die wissenschaftliche Laufbahn des heute zu Ehrenden wurde in unserer Hochschule gelegt. Alles begann 1951 mit Professor Schmalzrieds Studium der Physik an der damaligen Technischen Hochschule Stuttgart.

## II.

Der Empfang einer Ehrendoktorwürde ist immer etwas Besonderes. Diese Auszeichnung steht für außergewöhnliche Leistungen im wissenschaftlichen, künstlerischen oder auch unternehmerischen Bereich.

Ehrungen an der Universität Stuttgart sind noch einmal etwas ganz Besonderes. Im Gegensatz zu Hochschulen, die ihre Ehrenwürden allein durch eine Fakultät verleihen lassen, kann bei uns eine Fakultät **lediglich** einen Antrag auf Verleihung eines akademischen Ehrentitels stellen. Die Entscheidung, wem eine solche Ehre gebührt, trifft an der Universität Stuttgart aber **die gesamte Hochschule** durch unser höchstes Gremium - den Senat.

Und die Universität Stuttgart verfährt nicht eben großzügig mit der Vergabe von Ehrentiteln. Sehr kritisch wird sondiert, so dass diese Ehre nur ganz herausragenden Persönlichkeiten zuteil wird. Im Jahr 2002 gab es keine dieser Ehrungen.

Nicht dass Sie, verehrte Gäste, nun glauben, dies habe mit schwäbischer Sparsamkeit zu tun. Nein! Es zeigt, dass wir uns gerade bei Ehrungen dieser besonderen Art die Sache nicht leicht machen wollen.

Aber bei Hermann Schmalzried fiel die Entscheidung besonders leicht. Wir ehren heute eine bedeutende, ja, eine außergewöhnliche Wissenschaftlerpersönlichkeit – wir ehren aber auch uns selbst, wenn wir Hermann Schmalzried in unsere Reihen eingliedern.

## III.

Es gibt eine Aussage von Max Planck, die außergewöhnlich gut auf das Leben und wissenschaftliche Wirken von Hermann Schmalzried zutrifft: *„Die Wissenschaft bedeutet nicht beschauliches Ausruhen im Besitz gewonnener Erkenntnisse, sondern sie bedeutet rastlose Arbeit und stets vorwärts schreitende Entwicklung.“*

Ihr wissenschaftliches Werk, sehr geehrter Herr Schmalzried, zeigt Ihre „rastlose“ Arbeit. Ihr Lebenswerk beeindruckt!

Meine verehrten Festgäste, Hermann Schmalzried ist eine der herausragenden und zentralen Persönlichkeiten der physikalischen Festkörperchemie. Seine Arbeiten verhalfen der physikalischen Festkörperchemie zum Siegeszug in Deutschland und machten dieses Gebiet zum Grundpfeiler der modernen Festkörperforschung.

Wie bereits zuvor kurz erwähnt, begann diese beeindruckende Karriere an der Technischen Hochschule Stuttgart mit dem Studium der Physik. 1958 promovierte Hermann Schmalzried bei Richard Glocker in Metallphysik zum Dr. rer. nat.

Sein Weg führte ihn nur ein Jahr später zum Max-Planck-Institut für Physikalische Chemie in Göttingen. Die Göttinger Jahre bei Carl Wagner von 1959 bis 1966 haben Hermann Schmalzried entscheidend geprägt.

Im Alter von 34 Jahren wurde Hermann Schmalzried als Ordentlicher Professor und Direktor des Instituts für Theoretische Hüttenkunde und Angewandte Physikalische Chemie an der Technischen Universität Clausthal berufen. Neun Jahre später übernahm er den Lehrstuhl für Physikalische Chemie an der Universität Hannover und war bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1998 auch Direktor des Instituts für Physikalische Chemie. In diesen Jahren übernahm er zudem Gastprofessuren an verschiedenen internationalen Universitäten wie Cornell, Stanford, Oxford, Cambridge (MA) und Warschau.

Als Hochschullehrer, sehr verehrter Herr Schmalzried, haben Sie es immer verstanden, die besten Köpfe zusammenzuführen und zu fördern. Viele Ihrer ehemaligen Schüler sind heute Lehrstuhlinhaber im In- und Ausland und tragen mit dazu bei, dass die von Ihnen begründete wissenschaftliche Schule weitergeführt wird.

Bereits in Clausthal und später in Hannover, meine Damen und Herren, spielte Hermann Schmalzried bei der Gründung von Sonderforschungsbereichen eine entscheidende Rolle. Im Mittelpunkt standen dabei immer die Festkörperreaktionen, die Handschrift Schmalzrieds somit unübersehbar.

Seine Impulse für die Festkörperthermodynamik sowie für die Festkörperkinetik sind bedeutend. **Er** war und ist es, der unser

Verständnis der Mechanismen des materiellen Transports & der chemischen Reaktion in festen Stoffen entscheidend beeinflusste und förderte.

Ich möchte an dieser Stelle nur eine Pionierarbeit herausgreifen, um zu zeigen, wie relevant die Arbeiten von Hermann Schmalzried für die heutige Forschung sind.

Auf seine genaue Analyse der Zellspannung eines gemischten Leiters greifen Wissenschaftler zurück, wenn sie mit Hilfe von Konzentrationszellen Leitfähigkeit in ionischen und elektronischen Anteile auftrennen und die elektrolytische Domäne des Festkörpers bestimmen wollen.

Ihre Arbeiten, sehr verehrter Herr Schmalzried, machen viele alltäglichen Vorgänge wie beispielsweise innere und äußere Oxidationsreaktionen verständlich. Und Ihre Monographien sind Standardwerke, die zum Kanon der physikalisch-chemischen und materialwissenschaftlichen Literatur zählen.

#### IV.

Ich möchte hier nun nicht zu sehr ins fachliche Detail gehen, denn das werden im Anschluss Herr Professor Maier und mein Kollege Herr Bertagnoli tun, die heute die Laudatio auf Herrn Professor Schmalzried halten werden.

Welch hohes Ansehen Hermann Schmalzried in der Fachwelt genießt, das möchte ich Ihnen, verehrte Festgäste, noch mitteilen. Sein wissenschaftliches Werk wurde mit hohen Auszeichnungen bedacht:

- mit dem Orton Award der American Ceramic Society
- mit der Bunsen-Denkmünze & der Wilhelm-Jost Gedächtnisvorlesung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft
- mit dem Outstanding Achievement Award der Electrochemical Society sowie
- der Heyn-Medaille der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde

Darüber hinaus möchte ich die Meinung zweier Kollegen vom Fach Professor Schmalzrieds wiederholen – die uns zur Entscheidung der Vergabe der Ehrenpromotion an Hermann Schmalzried beglückwünschten!

Ich zitiere zunächst Herrn Kollegen Funke von der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, der sagte:

*„Das Lebenswerk Hermann Schmalzrieds ist beeindruckend. Zweifellos ist er unter den deutschen Wissenschaftlern seiner Generation, die sich mit chemischen Prozessen in kristallisierten Festkörpern befasst haben, **die** herausragende Persönlichkeit.“*

Herr Kollege Waser von der RWTH Aachen meinte:

*„Eine Ehrenpromotion würde Arbeit und Leben Hermann Schmalzrieds in angemessener Weise würdigen und beiden, Hermann Schmalzried und der Universität Stuttgart, zur Ehre gereichen.“*

## V.

Dem können wir uneingeschränkt zustimmen. Denn mit Professor Hermann Schmalzried ehren wir heute – ich sagte es eingangs bereits – einen hochrangigen Wissenschaftler von Weltruf.

Und so lautete der Antrag unserer Fakultät Chemie an den Senat der Universität Stuttgart, man möge Herrn Prof. Dr. Hermann Schmalzried die Würde eines Dr. rer. nat. ehrenhalber verleihen. Dieser Antrag wurde auf einstimmige Empfehlung des Erweiterten Fakultätsrat der Fakultät am 26. Juni 2002 und vom Senat der Universität Stuttgart am 17. Juli 2002 einstimmig beschlossen.

Mehr über sein fachliches Wirken werden Sie nun von unseren Kollegen Herrn Professor Maier und Herrn Professor Bertagnolli erfahren, die ich Ihnen nun als Laudatoren ankündigen darf. Bitte sehr, meine Herren.

Zum Abschluss der Veranstaltung hören wir das Quintett für Klarinette, zwei Violinen, Viola und Violoncello in A-Dur von Wolfgang Amadeus Mozart: Allegretto con variazioni.

Ich möchte Sie danach einladen zu einem kleinen Empfang, den wir draußen im Foyer für Sie vorbereitet haben.



# Rede anlässlich der Ehrenpromotion von Herrn Prof. Hermann Schmalzried

**Prof. Dr. rer. nat. Helmut Bertagnolli**  
**Dekan der Fakultät 3 Chemie**  
**Universität Stuttgart**

Lieber Herr Schmalzried,  
verehrte Freunde von Herrn Schmalzried,  
Magnifizenz,  
sehr geehrte Gäste und Angehörige der Universität Stuttgart !

Für die Fakultät Chemie ist eine Ehrenpromotion ein singuläres Ereignis, wenn man unter „singulär“ ein Ereignis versteht, das nur alle zehn Jahre auftritt. Nach langen Jahren der Abstinenz wurden Sie, lieber Herr Schmalzried, für eine Ehrenpromotion vorgeschlagen, und manche fragten sich, warum man nicht schon früher auf diese Idee gekommen ist, und fast allen war - ohne irgendeine Erläuterung - klar, daß hier eine Person geehrt werden soll, deren Ehrung schon längst überfällig war und die diese Ehrung im höchsten Maße verdient hat, verdient für ein wissenschaftliches Werk, das seinen Ausgangspunkt hier in Stuttgart hatte.

1951 haben Sie, lieber Herr Schmalzried, hier in Stuttgart begonnen, Physik zu studieren und dann Ihre Diplomarbeit am Institut für Physikalische Chemie bei Prof. Förster angefertigt. In einem Brief an mich haben Sie geschrieben. Ich zitiere: „In der Diplomarbeit löschte ich für Theodor Förster die Fluoreszenz von Benzpyren.“ Das klingt für den Außenstehenden so, als ob Sie sich als Feuerwehrmann betätigt hätten. Dem ist natürlich nicht so. Die Untersuchung der Fluoreszenzlöschung - das zentrale Thema der Försterschen Arbeiten - war von großer Wichtigkeit. Diese Arbeiten, an denen Sie beteiligt waren, waren

grundlegend für das Verständnis des Energieübertrages zwischen Molekülen, und sie sind noch heute von großer Bedeutung.

Heutzutage würde man vermuten, daß Ihnen als Physiker diese Themenstellung vielleicht zu chemisch war. Damals aber war es allgemein Usus, daß man für die Dissertation das Institut wechselte. Sie gingen zu Prof. Glocker in die Metallphysik und untersuchten mit Hilfe der Röntgenbeugung die strukturellen Zustände, die sich während der Kalt- und Wärmeaushärtung einer Aluminium-Magnesium-Zink-Legierung ausbilden.

Aus meiner Sicht muß diese Zeit für die Forschung und Lehre eine „aetas aurea“ - ein goldenes Zeitalter gewesen sein. Lehre ohne Evaluation, Forschung ohne die Notwendigkeit, die gesellschaftspolitische bzw. wirtschaftspolitische Relevanz betonen zu müssen, oder sich dem Zwang ausgesetzt zu sehen, sich auf Kernkompetenzen beschränken zu müssen. Forschung um der Erkenntnis willen.

Mit dem Thema Ihrer Doktorarbeit - der Beschäftigung mit strukturellen Veränderungen in Festkörpern - haben Sie das Leitmotiv Ihrer Forschung gefunden, das Grundthema, wie Wagner es bei seinen Opern nannte. Das Grundthema war und ist bis heute die Untersuchung chemischer Reaktionen in kristallinen Festkörpern. Dieses Gebiet haben Sie in ungewöhnlich großer thematischer Breite und Tiefe bearbeitet. Thematisch standen die Punktfehlordnung, der ionische Transport und die chemischen Reaktionen im Vordergrund. Und ich muß schon sagen, daß ich Ihr Abstraktionsvermögen bewundere, die Fehlordnung als ein ordnendes Prinzip zu erkennen und mit diesem Prinzip so zu arbeiten, daß sich damit viele Phänomene der Festkörperthermodynamik und Festkörperkinetik erklären ließen. Methodisch erkannten Sie sehr früh, wie wichtig die Elektrochemie und die Thermodynamik für die Behandlung dieser Phänomene sind. Beide Methoden haben Sie in brillanter Weise genutzt.

Ich will hier nicht näher auf Ihr wissenschaftliches Werk eingehen. Es kann mir nicht gelingen, ein wissenschaftliches Werk, das über 50 Jahre gewachsen ist, in 10 Mikrojahren - das sind etwa fünf Minuten - zu erklären. Ich möchte nur festhalten, daß die konsequente Variation dieses Leitmotives zu einem wissenschaftlichen Oeuvre geführt hat, das über 200 Publikationen umfaßt.

Für diese Arbeiten ist charakteristisch, daß die Anwendung nur scheinbar im Vordergrund steht. Für sie viel wichtiger war und ist, den Dingen auf den Grund zu gehen und grundsätzliche Fragestellungen aufzugreifen.

Von Jürgen Mittelstraß, dem Inhaber des Lehrstuhls für Philosophie und Wissenschaftstheorie an der Universität Konstanz stammt der Satz: „Nur in der Grundlagenforschung passiert das wirklich Neue, das nicht nur Seitenwege entdeckt, sondern Schneisen in das Unbekannte schlägt.“

In diesem Sinne haben Sie Schneisen geschlagen auf dem Gebiet der Festkörperthermodynamik. Diese Schneisen haben Ihnen einen sehr guten Überblick über die Vielfalt der Festkörperreaktionen ermöglicht und interessante Aus- und Einblicke geschaffen. Dank dieser von Ihnen geschlagenen Schneisen haben Sie viele Wissenschaftler für die Kinetik und Thermodynamik fester Stoffe begeistern können. Es gelang Ihnen, eine wissenschaftliche Schule zu begründen, aus der mehrere Lehrstuhlinhaber hervorgegangen sind. Ihr Institut wurde zur Pilgerstätte für viele hochrangige auswärtige Gäste wie z. B. Humboldtstipendiaten, die kamen, um von Ihnen zu lernen und mit Ihnen zu diskutieren.

Wittgenstein stellt in seinem "Tractatus Philosophicus" im letzten Satz fest: „Wovon man nicht sprechen kann, darüber muß man schweigen.“ Sie haben auf dem Gebiet der Festkörperreaktionen die Sprache so weit entwickelt, daß Sie darüber sprechen konnten. Und so darf ich den Satz Wittgensteins umkehren: „Wovon man sprechen kann, darüber darf man nicht schweigen.“

In drei Büchern haben Sie Ihr Wissen festgehalten. Diese Bücher sind heute **die** Standardwerke auf dem Gebiet der Festkörperthermodynamik und Festkörperkinetik. Sie zählen heute weltweit zur Grundausrüstung materialwissenschaftlicher Forschungsinstitute. Aber nicht nur in Büchern, sondern auch bei vielen Gastprofessuren haben Sie den wissenschaftlichen Dialog gesucht und Ihre Theorien verbreitet.

Hervorragende Leistungen bleiben der Welt nicht verborgen. Ihre Arbeiten wurden sehr geschätzt. Die Resonanz war groß. Sie wurden mit hohen Auszeichnungen bedacht und sind Mitglied in mehreren nationalen und europäischen Akademien.

Ihr Leben lang haben Sie sich, lieber Herr Schmalzried, mit Phasen beschäftigt. Im allgemeinsten Sinne bedeutet Phase, aus dem Griechischen kommend, Erscheinungsform, Zustand. Auch der Mensch Schmalzried manifestiert sich in verschiedenen Erscheinungsformen, lehrend und forschend als **eine** Erscheinungsform, und malend und musizierend als **andere** Erscheinungsform. Beide Erscheinungsformen sind in Ihrem Leben gleichberechtigt, und - ich weiß nicht, ob das immer möglich war, aber ich nehme es an, obwohl es für einen Hochschullehrer

nicht immer einfach ist, - beide Erscheinungsformen sind miteinander verträglich gewesen - als koexistente Phasen.

Vielleicht ist es auch hier die Suche nach dem zugrunde liegenden Prinzip, die Sie veranlaßt, sich intensiv mit der Musik zu beschäftigen. Sie spielen Cembalo und versuchen mit dem eigenen Spiel, die komplexen Strukturen Bach'scher Polyphonie zu entdecken. Sie musizieren aber nicht nur, sie malen auch sehr gerne. Sie sind ein leidenschaftlicher Maler, der mit sehr verschiedenen Techniken wie Aquarell, Öl, Kreide, Holzschnitten und Kohlezeichnungen arbeitet und experimentiert. Ein Bild von Ihnen ist mir in Erinnerung, nämlich das des berühmten Physico-Chemikers Carl Wagner. Es zierte als Titelbild ein Heft des Bunsenmagazines. Auch hier, meine ich, wieder einen wesentlichen Charakterzug von Ihnen zu erkennen. Die Abstraktion, die auf das Detail verzichtet, um das Wesentliche deutlicher hervortreten zu lassen, das Herausarbeiten der entscheidenden Merkmale einer Persönlichkeit. Und ich sehe auch hier eine gewisse Analogie zu Ihren wissenschaftlichen Arbeiten.

Lieber Herr Schmalzried ! Sie haben sich um die Thermodynamik und Kinetik der Festkörper verdient gemacht. Dafür möchte sie die Fakultät Chemie mit der Verleihung eines „Doktor ehrenhalber“ ehren.

Lassen sie mich schließen mit einem Wort von Goethe:

„Und das Vergangene,  
heißt mit Vertrauen,  
vorwärts zu schauen,  
schauen zurück.“

Sie können stolz auf ein großes wissenschaftliches Werk zurückschauen, und ich wünsche Ihnen, daß Sie voller Vertrauen in die Zukunft schauen.

Vielen Dank !

# In Sachen Hermann Schmalzried - eine Laudatio

Stuttgart, 17. Januar 2004

**Prof. Dr. Joachim Maier**  
**Max-Planck-Institut für Festkörperforschung**

Sehr geehrte Damen und Herren, verehrte Vorredner, lieber Herr Schmalzried!

Lassen Sie mich mit einem Bild *des* Ehrendoktors beginnen, das nicht ein *Bild* des Ehrendoktors ist, aber über Herrn Schmalzried sicher mehr verrät als ein Konterfei seiner Person.

Das Bild zeigt Carl Wagner, Herrn Schmalzrieds hochgeschätzten Lehrer: es verrät also zunächst die wissenschaftliche Zugehörigkeit von Hermann Schmalzried; Carl Wagner hat den Festkörper der chemischen Thermodynamik und Kinetik geöffnet. (Dass er für diese Leistung nicht den Nobelpreis für Chemie erhalten hatte, wirft kein gutes Licht auf das Selbstverständnis der Chemie.)

Hermann Schmalzried zeichnet für dieses Bild künstlerisch verantwortlich. Es beweist seine Kreativität auch in nichtwissenschaftlichen Gefilden. In wenigen Schnitten arbeitet er das Grundsätzliche heraus und verzichtet auf alle Redundanzen. Diese Fähigkeit hat vielen Lesern Schmalzriedscher Publikationen Kopfzerbrechen bereitet.

Zu guter Letzt wirft die Wertschätzung der Person Carl Wagner auch Licht auf die Persönlichkeit von Hermann Schmalzried. „Bescheidenheit macht frei“, war ein Aphorismus, aber auch Leitspruch von Carl Wagner; so bin ich mir gar nicht sicher, ob Sie, lieber Hermann Schmalzried, einer solchen Ehrung ganz ungeteilt positiv gegenüberstehen können.

Aber ich hoffe doch, dass die positiven Gefühle überwiegen.

Bild 1:  
Carl Wagner  
(Holzschnitt seines Schülers)



Ich meinerseits freue mich sehr, dass die Feierlichkeit noch in Ihrem 70. Lebensjahr stattfindet (Nächste Woche feiern Sie Ihren 71.!)

Die Universität hat Anlass zur Freude, kann sie doch einen eminenten Chemiker in die Reihe ihrer Ehrendoktoren aufnehmen, einen, der immer den Dingen auf den Grund gehen wollte, und sich nie dafür

interessierte (wie es leider immer üblicher wird), an der Peripherie herumzuschwimmen. Letzteres zahlt sich ohnehin nur kurzfristig aus und dann auch nur in schon erschlossenen Gewässern.

Auch die Fakultät darf sich freuen, treffen sich in Ihrem interdisziplinären Werk Physikalische Chemie, Festkörperchemie und Materialforschung, Fächer, die auch in der Stuttgarter Chemiefakultät in charakteristischer Weise vereint sind.

Zwischen den Zeilen möchte ich auch Glückwünsche von der Fachgruppe Festkörperchemie und Materialforschung aussprechen, der Sie in ihren Anfängen, unter ganz anderem Namen, auch einmal vorstanden.

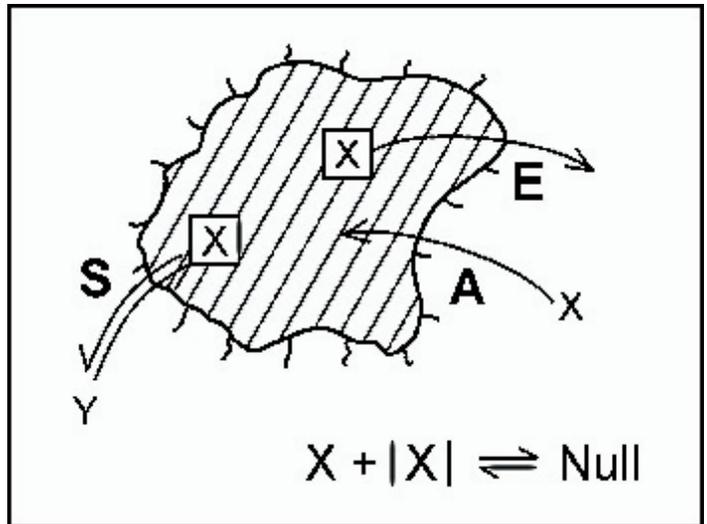
Es ist überdies ein schöner Begleitumstand, dass Sie Ihre Karriere in Stuttgart begonnen haben. Sie sind wie Herr Kronmüller (der hinter Ihnen sitzt) Remstaler, haben mit ihm zudem in der gleichen Klasse gesessen. Sie haben bei Förster in der Physikalischen Chemie diplomiert – über Fluoreszenzerscheinungen am Benzopyren. Ich werde Sie nicht fragen, ob Sie sich noch an die chemische Formel dieser Substanz erinnern, allzu weit hat sich doch Ihr Arbeitsgebiet von der Organischen Chemie entfernt (nämlich über die Metalle zu den Ionenkristallen).

In gewisser Weise dann aber doch nicht (Bild 2):

Die großen organischen Moleküle sind durch Umlagerungs-, Additions-, Eliminierungs- und Substitutionsreaktionen gekennzeichnet. Mit einiger Berechtigung lässt sich ein Festkörper auch als 3D-Riesenmolekül auffassen, so der Ionenkristall als Coulomb-Polymer. Die endständigen Gruppen konstituieren die Oberfläche, den Phasenumwandlungen entsprechen die Umlagerungen, und es lassen sich Additions-, Eliminierungs- und Substitutionsreaktionen an ihnen durchführen. Letztere implizieren Dotierprozesse. Wegen der Starrheit des Festkörpers hinterlassen Eliminierungsreaktionen Leerstellen, Additionsreaktionen führen zur Besetzung von Zwischengitterpositionen.

Diesen Zentren, den Fehlern Leerstellen, Zwischengitterteilchen und Substitutionsteilchen, haben Sie den Großteil Ihres wissenschaftlichen Werkes gewidmet. Und diese haben es verdient, sind es doch die Zentren, die das Innenleben des Festkörpers ausmachen. Zusammen mit den elektronischen Fehlern (im wesentlichen Überschusselektronen und Löcher) ermöglichen sie die innere Säure-Base- und Redoxchemie des Festkörpers, in der gleichen Weise, wie  $\text{H}_3\text{O}^+$  und  $\text{OH}^-$  (die ja bei Lichte besehen zusätzlichen und fehlenden Partikeln, hier den

Bild 2:  
Elementarprozesse am  
Riesenmolekül Festkörper



Protonen, entsprechen) zusammen mit den gelösten Teilchen die innere Säure-Base- und Redoxchemie des Wassers konstituieren.

Es ist schon erstaunlich zu sehen, dass sich die „wässrige Chemie“ nie sehr um die Struktur der kondensierten Phase gekümmert hat, sondern sich gleich auf die relevanten Teilchen kaprizierte, während umgekehrt beim Festkörper sehr viel Wert auf die perfekte Struktur gelegt wurde und die Rolle der für die Kinetik entscheidenden Teilchen bis heute trotz Ihrer publizistischen Tätigkeit unterschätzt wird – ich rede von der Chemie im allgemeinen und nicht von der Materialforschung.

Sie haben sich sicher schon häufig gefragt, woran dies – ungeachtet der enormen Anwendungsrelevanz dieser Aspekte - liegen mag. Vielleicht war es ein Fehler, die Fehler „Fehler“ zu nennen. Allzu sehr klingt dies pathologisch und nach dem Bestreben, solche Erscheinungen zu vermeiden oder auszumerzen.

Andererseits ist der Terminus höchst treffend: Es ist immer dann sinnvoll, von Fehlern zu reden, wenn man vom Gesamtsystem ansonsten schweigen kann, wenn man sich auf geringe Abweichungen konzentrieren und den perfekten Zustand als Invariante betrachten darf.

Zuweilen ist die Sprache und die Konzeption – manchmal notwendigerweise, manchmal unnötigerweise – abstrakt. Die folgende Geschichte soll das verdeutlichen (Bild 3):

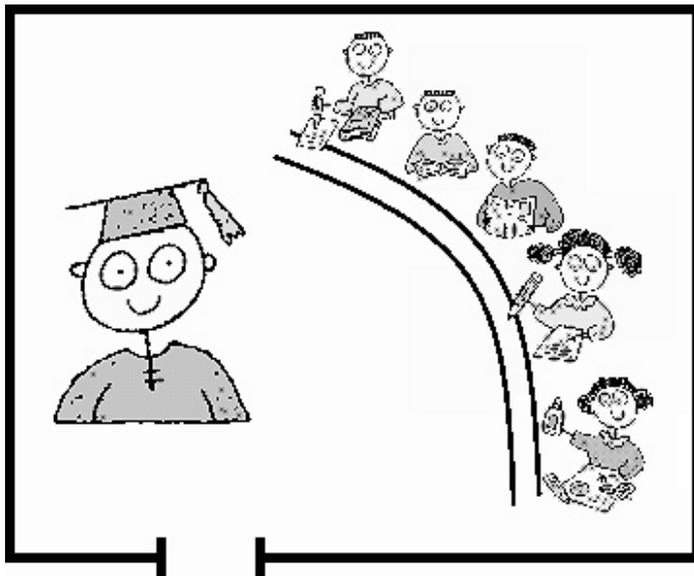


Bild 3:  
Zur Defektchemie

Ein Professor hält eine Vorlesung vor exakt 5 Studenten (heute ja nicht unbedingt unüblich).

Der Vorlesungsraum hat definitiv nur eine Tür. Durch diese verlässt der Professor am Ende der Veranstaltung den Hörsaal, und zwar als erster. Er sieht aber 6 Studenten den Hörsaal verlassen! Der „Normalchemiker“ würde wahlweise an seinem Verstand oder an der Kontinuitätsgleichung zweifeln, der „Defektchemiker“ führt unerschrocken ein Antiteilchen ein; er meint schlichtweg: Wenn nun von außen ein Student in den Hörsaal hineingeht, ist der Nullzustand doch wieder hergestellt.

Eine Fehlerchemie ist, wie gesagt, immer ein nützliches Unterfangen, wenn man sich auf Abweichungen konzentrieren kann. In solchem Sinne sind viele Gebiete der Biologie – man denke an die Genetik – Fehlerchemie, und zwar Fehlerchemie in höchst nichtlinearer Ausprägung. Auch wenn man in soziologischem Bereiche salopp davon redet, dass die „Chemie stimme“, wenn zwei Personen sich gut verstehen, meint man sicher auch die Fehlerchemie, denn letzten Endes geht es um Fehlertoleranz.

„Fehler soll man möglichst in der Jugend begehen, damit man noch frühzeitig aus ihnen lernen kann.“ so Churchill. (Ob er selbst sich immer daran gehalten hat, weiß ich nicht.)

„Manche befassen sich sogar qua Amt damit, oder schreiben gar über sie.“ könnte man hinzufügen (u. U. schon in frühen Jahren).

Sie haben berühmte Bücher über diese Thematik geschrieben, Ihre Monographien gehören zum Kanon der Festkörperliteratur (Bild 4).

**Bild 4a:**  
Ein Bücherregal eines  
Festkörperforschers



Das obere Bild zeigt einen Ausschnitt aus diesem Kanon. Sie erkennen drei Leerstellen. Die Schmalzriedschen Bücher sind nicht deswegen nicht darauf, weil sie nicht dazugehörten; im Gegenteil, sie sind deswegen nicht auf dem Bild zu sehen, weil sie dauernd benützt werden.

Dies sind sie (Bild 3b): Das Buch über Festkörperthermodynamik (zusammen mit Alexandra Navrotsky in Clausthal entstanden), das Buch über Festkörperreaktionen (in Hannover entstanden) und das neueste Werk über Chemische Kinetik des Festkörpers.

Viele der Arbeiten der Schmalzriedschen Schule sind in diesen Büchern verewigt.

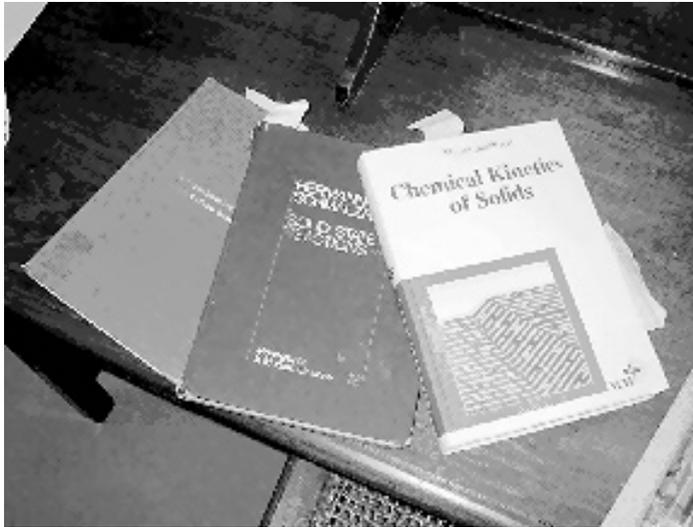


Bild 4b:  
Die Schmalzriedschen  
Bücher

Bild 5 zeigt einen Vorläufer, den Sie, Herr Schmalzried, sicher gelten lassen:



Gibbs, Josiah Willard

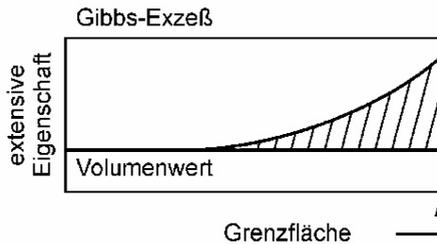


Bild 5:  
Zu Gibbs' Exzess

Josiah Willard Gibbs, den Vater der Chemischen Thermodynamik. Er hat auch ein Verfahren zur Festlegung extensiver Grenzflächengrößen angegeben: Man extrapoliert den Volumenwert bis zur Grenzfläche, integriert den Unterschied auf und schlägt ihn der Grenzfläche zu. Wollte man diese Prozedur dazu benützen, um die Wirkung Ihrer wissenschaftlichen Arbeiten zu würdigen, müsste man die Ortskoordinate zu einer Zeitachse umfunktionieren. Man müsste oben ein geeignetes Maß für die wissenschaftlichen Errungenschaften auftragen und als Basislinie dieses Maß für die wissenschaftlichen Errungenschaften ohne Beteiligung von Hermann Schmalzried nehmen.

**Bild 6:**  
**Einige Themen**  
**Schmalzriedscher Arbeiten**

- Thermodynamik und Kinetik fester Stoffe
- elektronische und ionische Ladungsträger
- Stöchiometrie von Ionenkristallen
- Elektrochemie gemischter Leiter, Spektroskopie
- Mechanismen der Phasenbildung und –zerersetzung
- Oxydation und Reduktion von Festkörpern
- kinetische Zersetzung in Potentialgradienten
- Strukturbildung in Festkörperreaktionen
- Elemente, binäre, ternäre, multinäre Verbindungen
- Legierungen, Halogenide, Chalkogenide, Oxide

Dies ist erstens nicht möglich und zweitens – wenn Sie darüber nachdenken – (wegen Korrelationen) nicht ganz exakt. Sicher kann man sich nur über Folgendes sein: Der Gibbs-Exzess kann positiv, Null oder gar negativ sein, in unserem Fall ist die Differenz natürlich deutlich positiv.

Ich tue mir schwer, das Schmalzriedsche Werk an dieser Stelle, in solch kurzer Zeit einigermaßen adäquat zu würdigen. Es ist nämlich nicht nur tief, sondern bei aller Tiefe erstaunlich breit, wovon Bild 6 einen ersten Eindruck vermittelt.

Ich habe mich deswegen für ein nichtsystematisches Verfahren entschieden und möchte am Beispiel dreier repräsentativer, wenn auch subjektiv herausgegriffener Arbeiten das Gesamtwerk beleuchten.

Die erste Arbeit ist die Arbeit, mit der ich zum ersten Mal mit dem Schmalzriedschen Werke in Berührung kam. Es ging um die Frage, wie groß die elektrische Spannung an einem Festkörper (z.B. einem Oxid) ist, welcher beliebige Anteile von Ionen- und Elektronenleitung aufweist und einem Gradienten im chemischen Komponentenpotential ausgesetzt ist (z.B. Oxid zwischen zwei Sauerstoffpartialdrücken). Dieses Problem ist in Ihrer Arbeit, die 1963 in der Zeitschrift für Physikalische Chemie erschien (Bild 7), gelöst.

Es lohnt sich an dieser Stelle, den ersten Abschnitt der Einleitung sprachlich zu analysieren: „Die hier...zu erhalten“ (1.Abschnitt der Einleitung in Bild 7). Glasklar, exakt, unpräntentiös, kein Wort zuviel, dem zu Beginn gezeigten Holzschnitt nicht unähnlich.

## Ionen- und Elektronenleitung in binären Oxiden und ihre Untersuchung mittels EMK-Messungen

Von

HERMANN BUCHHEISER

Max-Planck-Institut für physikalische Chemie, Göttingen

Mit 3 Abbildungen im Text

(Eingegangen am 17. April 1963)

### Zusammenfassung

Die Kette  $O_2(p_1) | M_2 O_3(p_2) | M_2 O_3(p_3) | O_2(p_4)$  wird theoretisch untersucht, um allgemeine Aussagen über die EMK als Funktion der Ionen- und Elektronenleitung in binären oxidischen Elektrolyten zu erhalten. Modellen für  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2 + CaO$ ,  $SiO_2$  (Quarzglas), Seltsame Erden und Mischkristalle aus  $SiO_2$  und  $Al_2O_3$  als feste Elektrolyten bei hohen Temperaturen werden auf Grund der angegebenen Beziehungen diskutiert.

### 1. Einleitung

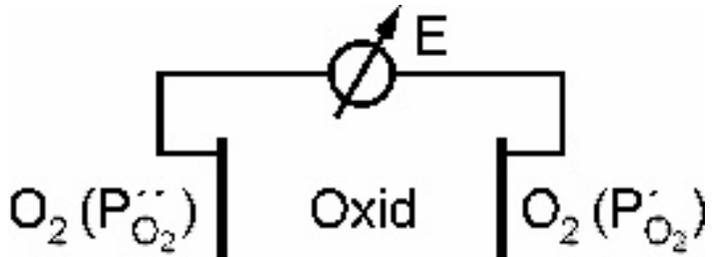
Die hier ausgearbeitete Analyse des Leitfähigkeitsverhaltens von Oxiden ist allgemein auf binäre Kristalle anwendbar. Die Gleichungen sind so formuliert, daß eine Übertragung auf andere Fälle (z. B. Halogenide) sich nur im Wechsel bestimmter Koeffizienten äußert. Das Ziel soll sein, mit Hilfe von EMK- und elektrischen Leitfähigkeitsmessungen die für das elektrische Verhalten binärer Kristalle bestimmenden Parameter festzulegen. Dabei ist es zweckmäßig, die Aktivität bzw. das chemische Potential der elektronegativen Komponente des Kristalls als unabhängige Variable zu verwenden. Die anschließende Diskussion soll zeigen, welches experimentelle Minimalprogramm notwendig ist, um die gewünschte Information zu erhalten.

An Hand von Daten für die Oxide des Magnesiums, Aluminiums, Siliziums, Zirkoniums, einiger Mischkristalle aus  $SiO_2$  und  $Al_2O_3$  und einiger Seltsamer Erden werden im letzten Abschnitt die theoretischen Ableitungen praktisch erprobt.

Man stelle sich besser nicht vor, wie ein solcher Text typischerweise in mancher Leute Hände, geschmückt mit Verkaufsargumenten heute aussehen könnte (abgesehen davon, dass man aus dieser Arbeit vermutlich mehrere Publikationen gemacht hätte).

Worum geht es? Es geht um die EMK eines Oxides, das zwischen zwei verschiedenen Sauerstoffdrücken gehalten wird (Bild 8). Im Falle eines reinen Ionenleiters ist diese Frage durch die Nernstsche Gleichung beantwortet:

Bild 8:  
Zur Zellspannung: das  
Problem



Nernst: 
$$E = \frac{RT}{4F} \ln \frac{P''_{O_2}}{P'_{O_2}}$$

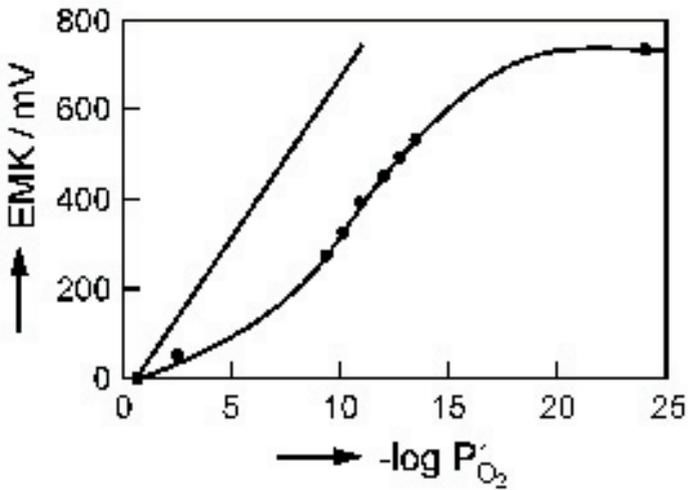
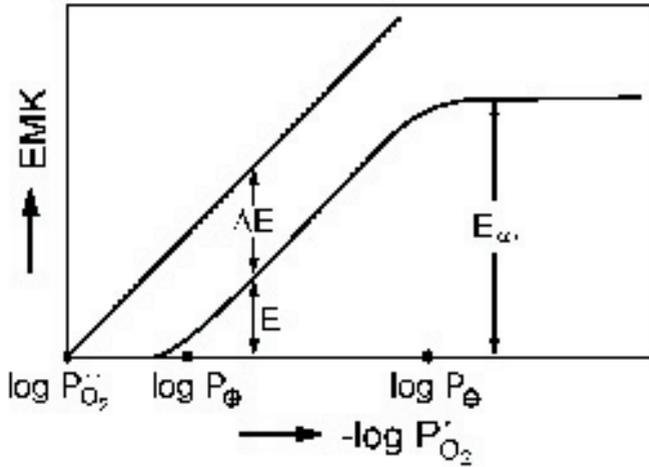
Wagner: 
$$E = \frac{RT}{4F} \int_{P'_{O_2}}^{P''_{O_2}} \frac{\sigma_{ion}}{\sigma} d \ln P_{O_2}$$

Schmalzried:  $E = \text{explizite Lösung } (P'_{O_2}, P''_{O_2}; P_{\oplus}, P_{\ominus})$

Stellt die Ionenleitfähigkeit nicht die gesamte Leitfähigkeit, ist, wie von Carl Wagner beschrieben, zu verfahren. Hermann Schmalzried gibt die explizite Lösung an unter Einbeziehung der Abhängigkeit der Leitfähigkeiten vom Sauerstoffgehalt. Eine wichtige Rolle spielen die Domänengrenzen  $P_+$  und  $P_-$ . Unterhalb von  $P_-$  ist ein Oxid immer n-leitend, oberhalb von  $P_+$  immer p-leitend, dazwischen ionenleitend (Bild 9 oben). Diese gekrümmte Kurve stellt die berechnete Spannung dar, die Gerade die Nernstsche EMK. Die experimentellen Daten an Aluminiumoxid (Bild 9 unten) lassen sich durch die Theorie präzise beschreiben.

Es ist ein Charakteristikum der Schmalzriedschen Arbeiten: gezielte Experimente nie ohne theoretische Durchdringung, theoretische Arbeiten nie ohne experimentelle Verifizierung.

Bild 9:  
Zur Zellspannung: die  
Lösung



Die zweite Arbeit, erschienen in Progress in Solid State Chemistry, ist ein Review über Silbersulfid (Bild10), ein wichtiges Modellmaterial mit hoher Ionen- und Elektronenleitung; es kann aber noch mehr: it „kept our grandmothers, who owned silver-dishes and silver-jewelry, busy cleaning their treasures from argentum nigrum“.

## Ag<sub>2</sub>S—THE PHYSICAL CHEMISTRY OF AN INORGANIC MATERIAL

In Memoriam Carl Wagner (1901 - 1977)

H. Schmalzried

Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie, Universität Hannover,  
Federal Republic of Germany

### CONTENTS

INTRODUCTION	119
PHASE DIAGRAM AND STRUCTURE	120
ELECTROCHEMISTRY	123
Disorder and Atomic Transport Properties	123
Coulometric Titrations and Thermodynamic Properties	127
Tarnishing and Surface Reactions	134
SILVER SULFIDE IN A TEMPERATURE GRADIENT	140
INTERFACES AND PHASE TRANSFORMATIONS	143
CONCLUDING REMARKS	155
ACKNOWLEDGEMENTS	155
REFERENCES	156

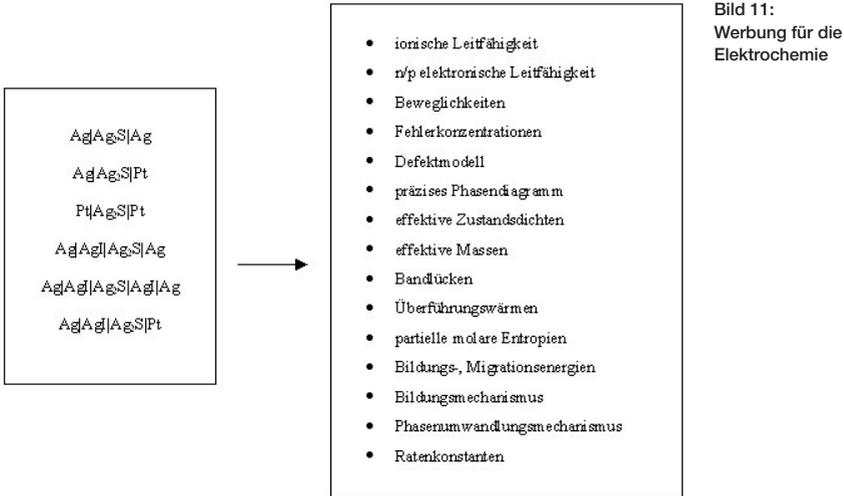
### INTRODUCTION

Silver chalcogenides, and particularly Ag<sub>2</sub>S, are unique materials insofar as some of their modifications exhibit very high electrical conduction with positive as well as negative temperature coefficients in combination with partial ionic conduction, the absolute magnitude of which comes close to the ionic conductivity of the best solid state electrolytes. This combination of electrical conduction behaviour, resulting from several unique structural and crystal-chemical characteristics, the relative stability of Ag<sub>2</sub>S with regard to oxygen, and the small "Debye-length" (formally smaller than the elementary atomic distance in the temperature range of interest) are responsible for the fact that it was essentially Ag<sub>2</sub>S which led to the exemplification of what is nowadays known as "solid state electrochemistry" [1]. The formulation of the basic rules of this field of solid state science is mainly due to Carl Wagner. Silver sulfide has long been known (by miners and metallurgists, which produced mainly gold, silver, copper, lead and other metals) by the name of argentite (β-Ag<sub>2</sub>S) and akantite (α-Ag<sub>2</sub>S). It kept our grandmothers, who owned silver-dishes and silver-jewelry, busy cleaning their treasures from "argentum nigrum."

In 1933, physicochemists performing conductivity measurements with silver sulfide, ran into the following dilemma: Colour and high electrical conductivity, that had already been observed by Faraday, pointed towards metal-like or at least semiconduction behaviour. Transference experiments on Ag<sub>2</sub>S, however, using AgJ as a filter for Ag<sup>+</sup>-ions, were explained by postulating the transference number of silver ions to be

Beispielhaft zeigt sich hier die Beherrschung der Elektrochemie und ihres Arsenal; es wird dargelegt, wie durch methodisch einfache elektrochemische Methoden, die nicht alle von Hermann Schmalzried durchgeführt, aber meisterhaft zusammengeführt werden, eine weitreichend Beschreibung dieses Modellmaterials gelingt.

In Bild 11 habe ich dies systematisch aufgelistet:



**Bild 11:**  
Werbung für die  
Elektrochemie

Auf der linken Seite die elektrochemischen Zellen: in allen Fällen wird Ag<sub>2</sub>S, sozusagen als „Elektrolyt“, vermessen. Allerdings variieren die Elektrodentypen. Es werden in allen möglichen Kombinationen reversible und selektiv blockierende Elektroden verwendet. Reversible Ag-Elektroden, die sowohl die Silberionen als auch die Elektronen passieren lassen, Pt-Elektroden, die lediglich für die Elektronen, und die Kombinationen aus Silber und dem reinen Ionenleiter Silberiodid, die nur für die Ionen durchlässig sind. Durch Vermessung der elektrischen Parameter als Funktion der Zustandsgrößen, sowie der Zeit, auch unter chemischen und thermischen Gradienten erhält man über Ag<sub>2</sub>S alles, was das Herz des Physikochemikers begehrt (vgl. Bild 11, rechts). Kurzum: Eine Werbung für die Elektrochemie.

Das dritte Beispiel bezieht sich aus meiner Sicht auf die charakteristischsten der Schmalzriedschen Arbeiten: Hermann Schmalzried und seine Mitarbeiter haben vornehmlich auf dem

Gebiet der Festkörperreaktionen Pionierarbeit geleistet. Aus den vielen Beispielen hierzu habe ich eines ausgewählt, das sich mit dem überaus spannenden, zukunftsreichen und schwierigen Gebiet der Morphologieentwicklung bezieht.

Bild 12 ist ein weiteres Bild von Hermann Schmalzried (das Original steht auf meinem Schreibtisch), das ich in diesem Kontext in folgender Weise interpretiere: Silbersulfid-Einkristalle sind nicht unbedingt repräsentativ für unsere Welt, die Realität ist bunt in Raum und Zeit, sie

Bild 12:  
Ein weiterer „Schmalzried“



ist vielmehr gekennzeichnet durch instabile und metastabile Zustände und makroskopische Strukturen, die durch die Natur und Verteilung von Grenzflächen charakterisiert sind.

In der Arbeit von Monika Backhaus-Ricoult und Hermann Schmalzried, auf die sich Bild 13 bezieht, wird die Morphologieentwicklung bei

### Morphological Stability in the Course of Solid State Reactions: The System $\text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{Mn}_3\text{O}_4 - \text{Cr}_2\text{O}_3$

M. Backhaus-Ricoult und H. Schmalzried

Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie und SFB 173, Universität Hannover, Callinstraße 3-3a, 3000 Hannover 1

*Diffusion / Morphological Stability / Non-equilibrium Phenomena / Transport Properties*

We have investigated experimentally and theoretically the problem of morphological stability of interfaces in a nonequilibrium two-phase ternary system while it equilibrates. The system chosen for this study was  $\text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{Mn}_3\text{O}_4 - \text{Cr}_2\text{O}_3$  at  $T = 1400^\circ\text{C}$ . Depending on the diluent reactant and the sesquioxide reactant, the initially planar interface is either unchanged, or develops nonplanar morphologies of different kind. The theoretical analysis starts with the independent flux equations and the appropriate boundary conditions and investigates whether or not small perturbations of the planar interface will grow or decay in the course of time. A critical parameter can be defined which is negative for stable and positive for unstable interfaces. This parameter is a complicated function of all the transport coefficients, the starting compositions and the chemical potentials of the components in both phases and can in principle be calculated, as long as local equilibrium prevails during the reaction.

#### I. Introduction

Solid state reactions constitute an important class of chemical reactions, and their kinetics have been studied extensively both theoretically and experimentally [1-3]. One may distinguish two major types of solid state reactions: a) diffusion in one-phase inhomogeneous systems, b) heterogeneous reactions. The basic feature of heterogeneous reactions is the interface between two adjacent phases. In local equilibrium, the chemical potential of the components is continuous across the interfaces.

In contrast to the case of many technologically important solid state reactions, basic scientific investigations aim at realizing a one-dimensional transport geometry with a planar interface boundary. In a binary system, this interface is (at given  $P$  and  $T$ ) nonvariant under the given assumptions. It is obvious from Fig. 1 that, given the closed binary, two-phase nonequilibrium system with an initially planar interface, this interface is morphologically stable during the diffusional equilibration process.

In ternary and higher two-phase nonequilibrium systems, the interface is not nonvariant, and as a consequence, morphological instability of the initially planar interface is now possible. A few previous investigations of solid state reactions in ternary (or quaternary) systems have dealt with the reaction morphology [4-7]. However, no satisfactory general theoretical discussion has been presented to date.

Morphological problems have been solved in several different contexts. We mention here the work of Sekerka and Mullins [8] on solidification, studies on dendritic growth from supersaturated alloys [9] and eutectoid and peritectoid transformations [10]. A common feature of these reactions is that the growth of the equilibrium phase occurs from a thermodynamically unstable region in front of the moving interface.

In contrast, systems relevant to the present investigation are in local equilibrium, and no metastable, supersaturated zone exists a priori. Rapp et al. [5] studied the evolution of the morphology during (ternary) displacement reactions between  $\text{Cu}_2\text{O}$  and  $\text{Co}$ -respectively  $\text{Fe}$ -metal. During the reaction  $\text{Cu}_2\text{O} + \text{Co} = \text{CoO} + 2\text{Cu}$ , initially planar interfaces became quite irregular, i.e. morphologically unstable. Rapp et al. invoked a principle of maximum reaction rate in order to explain the experimental results.

Two viewpoints are important in selecting an appropriate ternary system  $A - B - C$ , which is as simple as possible for the study of morphological instability. First, since the problem of morphology is treated with the help of the transport theory of irreversible thermodynamics, the thermodynamic driving forces (gradients of the chemical component potentials) and the transport coefficients (including the mobilities of the constituents) should be accessible either by experiment or by theoretical estimations over the whole composition range of the ternary system. Since the interface requires at least one miscibility gap in the ternary system  $A - B - C$ , the simplest topology as shown in Fig. 2a is appropriate. Furthermore a system is to be preferred in which the experimental thermodynamic parameters ( $p, f$ , component activities) are easily controllable.

Second, since modern ceramics often deal with inorganic, nonequilibrium multicomponent systems, in which inter-

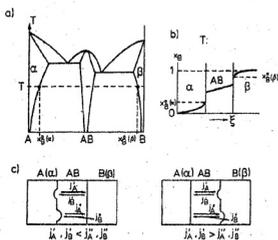


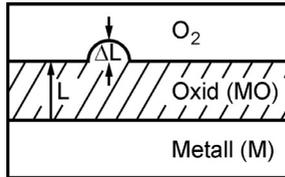
Fig. 1

a) a binary phase diagram; b) a concentration profile; c) the magnitude of the disturbed fluxes in the case of disturbed interfaces, explaining morphological stability if interface equilibrium is established

oxidischen Festkörperreaktionen unter die Lupe genommen (und was Hermann Schmalzried unter die Lupe nimmt, findet sich im Nu zerlegt und schämt sich seiner Profanität). Die Arbeit benutzt die Methode der Ljapunov-Funtion, die in Bild 14 skizziert ist.

Eine Ljapunov-Funktion, an dieser Stelle  $\Delta L$  genannt (Bild 14 rechts), ist positiv oder negativ definit und weist eine Zeitabhängigkeit umgekehrten Vorzeichens auf; sie garantiert lokale Stabilität.

Bild 14:  
Zur Morphologieentwicklung



Stabilität :  
 $(\Delta L) (\Delta L)^* < 0$   
 $\Delta L$  : Ljapunov-Funktion

Im Falle der Korrosion eines Metalles (Bild 14 links) ist dies sehr einfach einzusehen. Führt man gedanklich oder realiter eine Verdickung einer ebenen Grenzfläche ein, so ist die planare Grenzfläche dann stabil, wenn das System mit einer Abtragung der Verdickung reagiert, und dann instabil, wenn es die Verdickung verstärkt. Im skizzierten Fall der Oxydation eines elementaren Metalles, deren Geschwindigkeit durch den Transport durch die Oxidschicht bestimmt wird, ist offenbar ersteres der Fall (an der verdickten Stelle ist der Transport wegen der größeren Wegstrecke beschwerlicher).

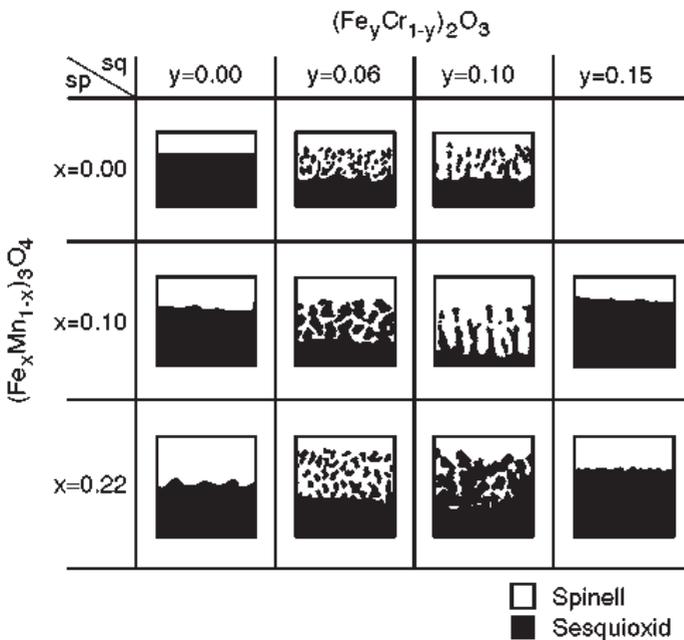
Wie dies in allgemeineren Fällen zu quantifizieren ist, wie weit man gehen kann und wo die Grenzen sind, wird in dieser Arbeit im Rahmen einer linearen Störungsrechnung untersucht.

Es wäre keine Arbeit aus der Schmalzried-Schule, würde die experimentelle Unterstützung nicht gleich mitgeliefert.

Bild 15 (Oxidmorphologien) zeigt die auftretenden Morphologietypen bei der Festkörperreaktion dieser beiden Festkörper in Abhängigkeit von den jeweiligen Ausgangszusammensetzungen.

(Hierher gehören auch viele Arbeiten mit anderen Schülern wie Herrn Martin und Herrn Janek über nichtmonotone, auch oszillierende Reaktionen in Raum und Zeit).

Bild 15:  
Morphologien bei einer  
Festkörperreaktion

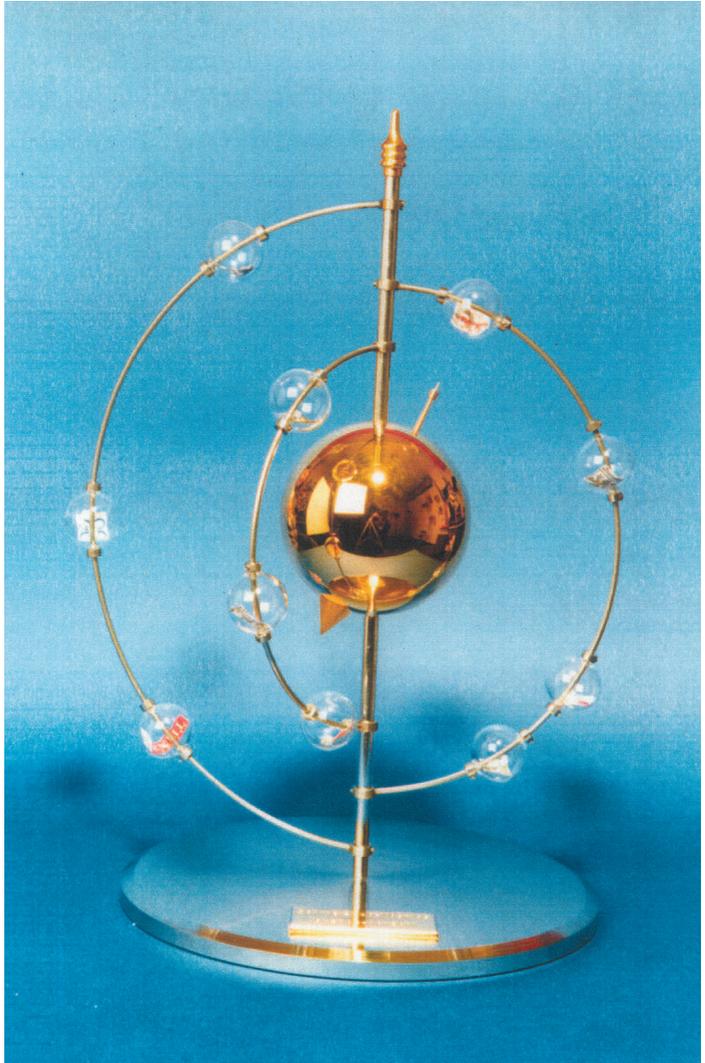


Ich weiß nicht, lieber Herr Schmalzried, ob Sie noch an den in Bild 16 gezeigten Gegenstand erinnern:

Ich habe Ihnen diesen einmal als „Schwabenglobus“ untergeschoben. Dessen Geschichte ist die folgende: Ein Schwabe interessiert sich in einem Buchladen sehr für die angebotenen Globen, er ist beeindruckt von deren Größe und Pracht, aber auch von den Preisen; so geht er zur Verkäuferin und meint: „Die Globen sind alle wirklich groß und schön, aber auch so teuer; eigentlich würde es ein Globus des Schwabenlandes auch tun.“

Sie sind allerdings alles andere als ein bodenständiger Schwabe, sondern im besten Sinne ein wissenschaftlicher Weltbürger. Sie haben Schüler in aller Welt, viele prominente Materialforscher aus aller Welt waren zu Gast in Göttingen, Clausthal oder Hannover und sind stolz darauf, ihr Handwerk bei Ihnen gelernt zu haben. So symbolisieren die Satelliten in Bild 16 den Export Schmalzriedschen Wissens in alle Welt.

Bild 16:  
Der „Schwabenglobus“



Das oben Gesagte belegen die vielen internationalen Ehrungen, die Sie erhalten haben, vor allem aber Ihre internationale Lehrtätigkeit: Sie waren Gastprofessor am MIT, in Cornell, in Stanford, Penn State, in Oxford, Minneapolis und Warschau.

Interessiert hat mich dann doch, ob nicht zuweilen das Schwäbische Element auch bei Ihnen zum Vorschein kommt (Bild 17).

Aus Ihrer unmittelbaren Umgebung wurde mir das mir das energisch bejaht. Als Begründung wurde zum Beispiel angeführt, dass Sie bei jedem Platzwechsel – sprich Berufung – sofort einen SFB ins Leben



**Bild 17:**  
„Einmal Schwabe,  
immer Schwabe?“

riefen, um der Geldsorgen ledig zu sein, wie auch dass Sie während Umzugszeiten, um Geld zu sparen, sich nicht scheuten, im Institut zu übernachten, und sich nicht fürchteten, am andern Tage von der Putzfrau als Einbrecher behandelt zu werden.

Es ist einfach, einem Schwaben schwäbische Motive zu unterstellen.

Ich dachte mir, ich beginne diesen kleinen Vortrag mit einem Bild Ihres Lehrers und beende ihn mit einem Bild Ihrer Schüler.

**Bild 18:**  
Hermann Schmalzried und  
seine Schüler (in Vaals, 2002)



Bild 18 entstand erst kürzlich in Vaals bei einem Bunsenkolloquium anlässlich Ihres 70. Geburtstages.

Han-Il Yoo (Professor in Seoul, Dritter von rechts) ist im Bild als Vertreter der Gäste, als Schüler erkennen Sie rechts Frau Backhaus-Ricoult (Direktorin am CNRS), daneben (von rechts nach links) Manfred Martin (Professor in Aachen), Rüdiger Dieckmann (Professor in Cornell), Klaus Becker (Professor in Braunschweig) und Jürgen Janek (Professor in Gießen).

Interessanterweise lacht Hermann Schmalzried ein wenig, etwas auch Han-Il Yoo, aber nicht die Schüler.

Diese haben jedoch das Lachen nicht verlernt, wie das folgende Bild 19 zeigt: Rätselhafter Weise lacht nun Han-Il Yoo nicht ... und Hermann Schmalzried ist gar nicht dabei!



**Bild 19:**  
Die Schüler ohne Hermann Schmalzried (Vaals, 2002)

Diesem Antagonismus-Effekt wollte ich dann doch nachgehen und habe ein Bild der Schmalzriedschen Arbeitsgruppe in den 80ern aufgespürt (Bild 20): Hermann Schmalzried schaut entspannt, die Mitarbeiter aber zittern, frösteln, und es stehen ihnen die Haare zu Berge!



**Bild 20:**  
Die Schmalzried-Crew in den 80ern, Callinstraße, Hannover

Dennoch, die Belege trügen: Jeder, der die Schmalzriedsche Crew besuchte, konnte sich nicht nur vom ordnungsgemäßen Zustand der Arbeitsgruppe überzeugen, sondern war auch beeindruckt vom freundschaftlichen Klima und der kollegialen Atmosphäre.

Lassen Sie mich dann doch mit einem Bild Ihrer Person schließen (Bild 21) und es für sich sprechen lassen.

Bild 21:  
"Glück-Wunsch"



Ich möchte Ihnen, lieber Herr Schmalzried, nicht nur herzlich gratulieren, sondern Ihnen auch wünschen, dass Sie noch lange Grund haben, so vergnügt in die Welt zu schauen.

# Die Universität als Lebensform

## Hermann Schmalzried, Göttingen

Magnifizienz, Herr Dekan, liebe Freunde und Kollegen, verehrte Anwesende:

Ich will Ihnen und vor Ihnen meinen tiefempfundenen Dank für die mir zugedachte Ehrung zum Ausdruck bringen. Ich will dazu ein halbes Jahrhundert zurückgehen und zunächst einiges Persönliche sagen.

Wir waren damals als Angehörige weißer Jahrgänge Kinder einer barbarischen Zeit und eines apokalyptischen Krieges. Ich glaube, unser Jahrgang war einer der ersten, der hier in der Keplerstraße keine Trümmer mehr wegräumen mußte, bevor man sich in überfüllte Hörsäle begeben durfte. Nicht wenige Studierende und Doktoranden liefen mit Prothesen herum.

Geld hatte man wenig. Aber man hatte auch wenig Angst vor der Zukunft. Da half die soeben durchlebte Vergangenheit. Sie hatte sogar noch ein Gutes: Wir wußten nach den furchtbaren Zerstörungen im Materiellen und Geistigen, daß wir gebraucht wurden. In der Familie, in der Freundschaft, in der Gemeinschaft.

Was wir Novizen an der Hochschule suchten waren Wissen, Erkenntnis, nicht zuletzt jedoch waren es Vorbilder.

Ich hatte mich für Physik eingeschrieben und mit einiger Anstrengung meine Studiengebühren bezahlt. Etwa 300 DM pro Semester, das war mehr als der monatliche Gegenwert einer halben Assistentenstelle. Ich hatte die Hälfte des obligatorischen halbjährigen Industriepraktikums abgeleistet, und mich bei Professor Erwin Fues (– dem Theoretiker, den ich viele Jahre später im Catalogus Professorum der Hannoveraner Hochschule wiederentdeckte –) zur Studienberatung angemeldet. Die Beratung war nicht allzu effektiv, doch war allein schon der Eindruck der

Würde und Integrität des Mannes auf jemanden, der sich in der ersten Generation im Universitätsleben zurechtzufinden hatte, mindestens gleichviel wert.

Damals war die Regulierung des Physikstudiums moderat. Eine Freundschaft schleuste mich in das Institut für Physikalische Chemie, in der Wiederholdstraße gelegen. Dort gab mir Theodor Förster im 6. Semester ein Thema für die Diplomarbeit: Fluoreszenzlöschung und Polarisation. Das Studieren und das Anfertigen der Diplomarbeit vertrugen sich also durchaus nebeneinander. Warum sollten sie es auch nicht?

Zum Promovieren wechselte ich von der Physikalischen Chemie zur Metallkunde und Metallphysik. Das lag weniger an Neigungen, Themen oder Personen. Ich lasse hier die Neigung des Schwaben zum Mammon außer Acht. Im Glocker'schen Röntgeninstitut suchte man einen Praktikumsassistenten. Man bot dafür eine halbe Stelle. Für einen mittellosen Doktoranden war das ein unerhörtes Glück.

Nach der Promotion im 13. Semester ging ich als Postdoktorand in ein Industrielabor nach Schweden, danach an das Max-Planck-Institut für Physikalische Chemie in Göttingen. Carl Wagner, der dort die Nachfolge von Karl Friedrich Bonhoeffer antreten sollte, hatte mich vom MIT aus angeschrieben.

Bei ihm lernte ich das, womit ich künftig meinen Beruf bestritt: Thermodynamik, Kinetik, Elektrochemie, angewandt auf Festkörper. Und das Allerwichtigste: die Treue im Kleinen. Vergeblich suche ich heute den Roten Faden in meiner beruflichen Entwicklung.

1964 erhielt ich die ersten Angebote auf einen Lehrstuhl. Das Bewerben kannte man nicht. Mein Flurnachbar im Göttinger Max-Planck-Institut, der bereits Wissenschaftliches Mitglied der Gesellschaft war und seine Lebensmitte soeben überschritt, hatte auch gerade einen Ruf nach Marburg erhalten.

Damit aber bin ich bei dem Thema, das in dieser mich bewegenden Stunde mich besonders beschäftigt: Hans Strehlow und ich, wir gingen stundenlang im Flur des MPI auf und ab und wollten herausfinden, was denn nun besser sei: Zu forschen, mit Mitarbeitern Können und Wissen zu erarbeiten und zu publizieren. Oder aber: in einer Gemeinschaft mit jungen Studierenden zusammenzuleben, und daraus eine Lebensform zu machen.

Vielleicht kann man das heutzutage, so ausgedrückt und gesagt, nicht mehr richtig verstehen.

Am Ende entschieden wir uns verschieden. Er blieb, ich ging. Was vielleicht auch mit dem Alter zusammenhing.

Die Universität als Lebensform, nicht als Dienststelle. Es ist wirklich keine Nostalgie, die mir diese Formulierung eingibt. Das Zeitalter der Reklame lag noch ein Stück weit vor uns: daß man also nicht unbedingt laut gackern mußte, um auf die gelegten Eier aufmerksam zu machen. Und zuletzt die Eier, gelegt oder ungelegt, auch noch zu rechtfertigen hatte.

Ich will etwas zur Lebensform sagen.

Die abendländische Universität ist nun etwa achthundert Jahre alt, hatte somit genügend Generationen von Studenten und Professoren durchgesetzt, um eine optimierte Struktur zu finden. Sie war darauf ausgelegt, Erkenntnisse zu gewinnen, mit deren Hilfe sich das Leben der Menschen besser bewältigen und meistern lassen würde. Umbrüche, im Technischen oder im Politischen, sollten daran grundsätzlich nicht viel ändern.

Die Gegenwart stellt diese Prämisse in Frage. Der Grund dafür liegt offen: die von ihrer Umwelt vorgegebenen Randbedingungen sind der Universität davongelaufen.

Die Gewinnung von Erkenntnissen ist natürlich etwas mehr als der Umgang mit Chemie oder Elektrotechnik, oder Medizin, mehr auch als das Betreiben der schönen Künste, der Anthropologie oder Philosophie, oder sogar der Theologie. Doch ging sie im Hain des Herrn Akademos vor zweieinhalb Jahrtausenden nicht viel anders vonstatten als heutzutage und hier:

*Glaube an die Wahrheit. Konzentration, Erfahrung, Kommunikation, Konsensfindung.*

Wo könnte das optimal geschehen? Bevor ich antworte, zuvor noch zwei Bemerkungen:

Es ist doch so: wenn ein Baum wächst, entfernen sich seine lichtungsrigen Blätter im Mittel immer weiter weg vom Stamm. Geht die Verästelung am Ende zu weit, dann stellt sogar die Sequoia in Kalifornien ihr Wachstum ein. Offenbar sind dann optimale Größe und

Form erreicht. Selbst den Bäumen in den schwäbischen Berglen, wo ich herstamme, geht es nicht viel anders: auch sie wachsen nicht in den Himmel. Ob es dem Baum des Erkennens und Wissens mit dem Wachsen viel anders geht?

Fragen wir aber zuerst, ob das insgesamt zu Erkennende begrenzt oder unbegrenzt ist? Dazu müßte man auch noch wissen, ob unser Vermögen zum Erkennen begrenzt ist, oder unbegrenzt. Dieses Vermögen ist wahrscheinlich begrenzt. Und das nicht nur, weil es ein jeder täglich erfährt, sondern weil bereits unser Anschauungsvermögen begrenzt ist. Denken Sie nur an die sehr begrenzten Parameterbereiche unsrer fünf Sinne. Es kann also die Frage nach der Begrenzt- oder Unbegrenztheit des vom Menschen zu Erkennenden logisch nicht entschieden werden. Gehen wir deshalb ruhig *nicht*, also **nicht** davon aus, daß einmal alles bekannt oder erkannt sein könnte.

Das aber ist unser Dilemma: Die Endlichkeit des erfahrbaren Wissens gegen die Unendlichkeit des Erkennbaren. Jeder erlebt das persönlich, fühlt sich aber doch noch als Glied einer Kette, womit er sich dann trösten kann. Subjektiv wächst also der Baum des Wissens. Auch der Baum der Erkenntnis.

Solange sich hinter jedem neuen Erkennen neue Fragen auftun, solange ist das, was wir Wissen nennen, eigentlich nur die Glaubensgewißheit der jeweilig spezialisierten Experten, die untereinander Konsens erreicht haben. Der Rest der Menschheit muß in der jeweiligen Sache vom Vertrauen leben.

Auch ist das Wissen eines einzigen Spezialisten nicht einmal Wissen zu nennen, geschweige denn Erkenntnis. Erkenntnis ist immer in einen Begründungszusammenhang eingebettet. Und diese Einbettung ist sozusagen eine soziale Aufgabe. Hier käme nun eigentlich die Universität als Lebensform ins Spiel.

Zuerst aber noch ein weiterer Gedanke:

Es gab und gibt andere zweckgerichtete Lebensformen, zum Beispiel das Militär. Oder die Mönchsorden. Weil diese, ihrem Zweck entsprechend, von der Gemeinschaft akzeptiert sind, werden sie weitgehend selbstverwaltet.

Kulturhistorisch gesehen haben sich die Bedingungen für die Universität nicht nur quantitativ geändert. Denken wir zum Beispiel an Folgendes:

Für die Griechen waren Kunst und Technik mehr oder weniger dasselbe. Auch für uns war das vor noch gar nicht allzu langer Zeit in etwa auch so. In der Renaissance beherrschten die Künstler noch ihre handwerkliche Technik, und als alter Clausthaler Ordinarius in einer technischen Fakultät habe ich vor nun fast vier Jahrzehnten gelernt, was „Künste“ sind. Von zwei Kulturen war noch keine Rede. Aber das Individuum, vom christlichen Menschenbild befördert, wuchs seither überproportional. Mehr und mehr gab der Einzelne den Mittelpunkt ab. Vieles wurde dadurch unverbindlich.

Die merkbarste Änderung in den Randbedingungen der Universität ist jedoch in ihrer Skalierung durch das Geld zu sehen. Und das gilt nicht nur für die Technik und die Naturwissenschaften. Streng gesehen hat damit die mehr oder weniger *unabhängige* Gewinnung von Wissen als Vorbedingung von Erkenntnis aufgehört.

Größe und Form vom Baum des Erkennens - sollte es künftig je noch einmal kulturdarwinistisch zugehen - werden sich zum Zweck einer erneuten Optimierung drastisch ändern.

Aber der wissenschaftliche Erkennenstrieb wird, ebenso wie die anderen Neugiertriebe des Menschen, bestehen bleiben. Er sorgt für die Erhaltung der kulturellen Keimbahn. Religion, Kult, Kunst, Wissenschaft, Technik, sie alle zeigen, daß der Mensch ohne den Erkennenstrieb nicht zu definieren wäre.

Schon nach wenigen Jahrhunderten von Wissenschaft im heutigen Sinn ist der Fortschritt anscheinend nur noch mit immer stärkerer Spezialisierung zu haben. Bedeutet dies aber (im Bild vom Baum des Erkennens) daß der Baum dabei wäre, seine endliche Größe und Form zu erreichen?

Hätte die Universität also ausgedient? Ist ihre auf Wissens- und Erkenntniszuwachs optimierte Lebensform obsolet geworden? Sieht man sich ihre Konvulsionen in den letzten Jahrzehnten an, möchte man es fast glauben. Zu registrieren sind aber auch immer die Gegenbewegungen. Ich nenne zwei:

1. Parallel zur Spezialisierung finden laufend Reduktionsprozesse statt.
2. Die Daseinsbedingungen ändern sich fortwährend. In der kulturellen Evolution muß sich der Baum der Erkenntnis mutierend daran anpassen.

Auch zeigen uns die Geisteswissenschaften, welcher großen Anstrengung es immerfort bedarf, um kumuliertes Wissen zu tradieren. Man darf getrost annehmen, daß das Tradieren auch in den Naturwissenschaften künftig wichtiger werden wird.

Ich glaube nicht, daß unsre Informationsspeicher und Informationsverarbeiter an den Kernfragen grundsätzlich etwas ändern werden. Sie mögen die Erfahrung und die Begründungszusammenhänge relativieren, nicht jedoch die Kernpunkte der Konsensfindung im Prozeß der Gewinnung von Erkenntnis.

Wo wird aber nun diese Konsensfindung, das Herstellen der Begründungszusammenhänge, hauptsächlich stattfinden?

Wahrscheinlich dort, wo *Erwartung* und *Erfahrung* zusammenwirken, wo *Jung* und *Alt* miteinander im Geist und in der Wahrheit umgehen, wo die Frage und der Versuch einer *Antwort* durch *Konzentration* und *Kommunikation* das Allernatürlichste auf der Welt sind: an der Universität. Dort fand sie schon seit langer Zeit statt. Dort, wo die verschiedenen Generationen im bewußten Umgang miteinander ihre Stärken um der Erkenntnis willen vereinen: *Erfahrung* einerseits, *Mut* andererseits. *Anschauung* und *Phantasie*, *Bedacht* und *Kraft*, *Behutsamkeit* und *Leichtigkeit*, *Nüchternheit* und *Feuer*.

Und so glaube ich weiterhin an die Universität als eine mögliche Lebensform. Wenn unsere Welt nicht ganz und gar apokalyptisch werden wird, dann wird sie sich wieder darauf besinnen, daß es so etwas wie optimale Bedingungen für das Erkennen gibt, und sie wird sie der bewußt fordernden Universität in ihrem eigenen Interesse gewähren. Was wir dazu beitragen sollten ist auch klar: daß wir uns den zweckmäßigen Regeln dieser Lebensform unterwerfen. Einige sind schon genannt. Nicht zu vergessen wären: *Bescheidenheit*, und die weitgehende *Abstinenz* von Reklame. Was hätten dort Unbescheidenheit und Reklame auch zu suchen, angesichts der Unendlichkeit des Noch-zu-Erkennenden?

Also machen wir mutig weiter: an einer Universität, die eine Lebensform sein könnte.

Ich jedoch werde der Stuttgarter Hochschule, meiner alma mater, immer dankbar bleiben. Nicht nur für die Ehrung heute, sondern auch dafür, daß sie mich in eine Lebensform eingeführt hat, die es mir ermöglichte,

gemeinsam mit Studenten und Mitarbeitern teilzuhaben am Wachsen des Baumes des Erkennens, vielleicht sogar am Wachsen des Baumes der Erkenntnis.

Ich danke Ihnen allen noch einmal von Herzen.

# Die Autoren

## **Prof. Dr. rer. nat. Helmut Bertagnolli**

Dekan der Fakultät 3 Chemie  
Universität Stuttgart, Institut für Physikalische Chemie  
Pfaffenwaldring 55, 70550 Stuttgart  
Tel. 07 11/6 85 44 50 Fax 07 11/6 85 44 95  
e-mail: h.bertagnolli@ipc.uni-stuttgart.de

## **Prof. Dr.-Ing. habil. Dieter Fritsch**

Rektor der Universität Stuttgart  
Keplerstr. 7, 70174 Stuttgart  
Tel. 07 11/1 21 22 01 Fax 07 11/1 21 21 13  
e-mail: rektor@uni-stuttgart.de

## **Prof. Dr. rer. nat. Joachim Maier**

Direktor am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung  
Heisenbergstr. 1, 70569 Stuttgart  
Tel. 07 11/6 89 17 20 Fax 07 11/6 89 17 22  
e-mail: s.weiglein@fkf.mpg.de

## **Prof. Dr. rer. nat. Hermann Schmalzried**

Professor für Physikalische Chemie an der Universität Hannover  
(emeritiert)  
In der roten Erde 18  
37075 Göttingen