SITZUNGSBERICHTE DER LEIBNIZ-SOZIETÄT

Band 64 • Jahrgang 2004

trafo Verlag Berlin ISSN 0947-5850 ISBN 3-89626-465-6

Inhalt

Wissenschaftsphilosophie als interdisziplinäres Projekt Kolloquium zum 70. Geburtstag von Herbert Hörz (am 25. 09. 2003)

01 Lothar Kolditz: Eröffnung

02 John Erpenbeck: Laudatio auf Herbert Hörz

03 Peter Fleissner: Effektivierung und Humanisierung

04 Heinz Engelstädter: Philosophische Werttheorie und Friedensforschung

05 Hans-Peter Brenner: Biopsychosoziale Einheit Mensch - Konsequenzen für die moderne Psychotherapie

06 Hannelore Bernhardt: Hermann von Helmholtz im wissenschaftshistorisch-philosophischen Werk von Herbert Hörz

07 Erwin Marquit: Dialectical Materialism in Physical Theory

08 Herbert Hörz: Wissenschaftsphilosophie als interdisziplinäres Projekt

Aus der Klasse für Naturwissenschaften

09 Wolfgang Böhme: Nachweis von speziellen Zusammenhängen zwischen Teilsystemen von komplexen dynamischen Systemen - Beispiel: Southern Oscillation und Witterung in Mitteleuropa

10 Klaus Hartmann: Neue Technologien zur Reduzierung des CO2-Gehaltes von Rauchgasen aus Kraftwerken und anderen CO2-haltigen Gasströmen

11 Werner Krause, Gundula Seidel und Frank Heinrich: Multimodalität im Denken am Beispiel mathematischer Anforderungen

12 Wilfried Schröder. Solare Variabilität und Polarlichter (Ein Problem der historischen Geophysik)

13 Bernd Wilhelmi: Industrielle Anwendungen der Nichtlinearen Optik. Einige physikalische, technische und wirtschaftliche Aspekte

Wissenschaftliche Mitteilungen

14 Hannelore Bernhardt: Richard von Mises und die Berliner Akademie der Wissenschaften

15 Heinz Kautzleben: Laudatio auf Helmut Moritz

Lothar Kolditz

Eröffnung

Liebe Mitglieder, Freunde und Gäste der Leibniz-Sozietät, verehrter Jubilar!

Wir sind zusammengekommen, um unseren Präsidenten Herbert Hörz zum 70. Geburtstag mit einem Kolloquium zu ehren. Ich begrüße Sie dazu sehr herzlich, besonders begrüße ich alle Vortragenden und nenne als den am weitesten Angereisten Erwin Marquit aus Minnesota USA. Für das Kolloquium wurde aus dem großen Angebotsspektrum eine, wie mir scheint, harmonische Auswahl getroffen, was wir vor allem der Umsicht und dem Einsatz von Helga Hörz verdanken. Infolge Erkrankung zweier Referenten musste kurzfristig das ursprüngliche Programm noch einmal geändert werden. Es war nicht leicht, die vielfältigen Vortragsangebote und Themenstellungen in angemessener Form zu berücksichtigen. Es ist das Echo auf die reichhaltige wissenschaftliche Tätigkeit von Herbert Hörz. Seine Arbeit und die daraus hervorgegangenen Impulse sind zu einem Baum mit mächtiger Krone angewachsen.

Actio aequat reactionem. Dieser Grundsatz – er stammt von Newton – gilt nicht nur für die Naturwissenschaften, sondern hat allgemeine Bedeutung. Auf unseren Fall angewendet, ergibt sich folgende Interpretation: Die Hörzsche actio verursacht reactiones, die wir in einem Kolloquiumstag keineswegs unterbringen konnten. Deshalb erfolgte eine Zweiteilung in einen reichhaltigen Festband, den Wolfgang Eichhorn zum Geburtstag bereits überreichte, und in das Festkolloquium Wissenschaftsphilosophie als interdisziplinäres Projekt. Der Festband, dessen Zustandekommen wir dem Einsatz von Gerhard Banse und Siegfried Wollgast verdanken, hätte dieselbe Überschrift tragen können. Im Sinne der variatio wurde dafür die unendliche Wissenschaft gewählt als Synonym für die Verbindung zwischen den Wissenschaftsdisziplinen, die das Hörzsche Wirken in Vergangenheit und Gegenwart auszeichnet. Dabei wird ein großes Gebiet mit einer Gedankenfülle und Gedankentiefe überstrichen, die beim Ausloten wiederum nach dem obigen

6 Lothar Kolditz

Prinzip Rückwirkungen und Diskussionen generieren. So bedingt die gegenseitige Befruchtung Erkenntnisgewinn und ein Voranschreiten, das nicht immer geradlinig und sofort offenkundig sein muss, sondern auch verschlungene Pfade nehmen kann wie die Evolution selbst. Der Festband ist ein bleibender Stein im großen Gebäude der unendlichen Wissenschaft, der Leistung dokumentiert. Wir wollen unbeirrt auf diesem Weg weiter schreiten. Die Leibniz-Sozietät hat eine Wirkung, die nicht zu übersehen ist, was nur den ärgern kann, der Anderes gehofft und erwartet hatte. Auf die *actio* folgte auch hier die *reactio*. Dabei zeigt sich, wie unterschiedlich die Facetten sein können, in denen dieses Prinzip auftritt. Den neuerdings wütenden Angriff auf die Leibniz-Sozietät begegnen wir mit weiterer Arbeit und sachlicher Argumentation. Das ist der Stil von Herbert Hörz, wie er aus seinen Berichten zu den Leibniz-Tagen hervorgeht, besonders zum Leibniz-Tag 2003 mit seiner Antwort auf den unsachlichen Angriff des Präsidenten der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften.

Die Leistungsfähigkeit unserer Mitglieder und Freunde wird sich auch wieder auf diesem Kolloquium zeigen, das ich hiermit eröffne. Ich übergebe an Wolfgang Eichhorn.

Laudatio auf Herbert Hörz

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Mitglieder und Freunde der Leibniz-Sozietät, liebe Freunde von Herbert, liebe Helga –

Je näher man einem Menschen steht, desto schwerer ist es, vernünftig über ihn zu sprechen. Gemeinsame, parallele, auch gegenläufige Gedanken mischen sich mit Emotionen, Beobachtetes mit Erlebtem, Sachaussagen mit unsachlichen Randbemerkungen. Dieses Gemenge war gewollt, als ich zur Laudatio gebeten wurde, nun müssen Sie es eine halbe Stunde lang ertragen. Die nachfolgenden Vorträge werden Herberts Werk genauer in den philosophischen und politischen Strömungen dieser Zeit verorten. Ich selbst habe meine unabhängige Abhängigkeit von Herberts Werk und Schule nicht nur in jedem meiner vor und nach der Wende entstandenen Bücher dokumentiert, sondern auch in meinem Beitrag zum stattlichen Band des Weist-Verlages, der von Gerhard Banse und Siegfried Wollgast so mustergültig ediert wurde. Meine Gedanken werden also nicht so ganz regelmäßig vorgehen – einen Schritt vorwärts, zwei Schritte zurück vielleicht?

Wir lebten einst in der Zukunft, die sich dann ziemlich anders gestaltete, als wir sie erträumten; nun leben wir in der Vergangenheit, die gänzlich andere, traumatisierende Zukunftsszenarios ausmalt: nicht eben erstrebenswert, aber doch mit verlässlichen Konstanten – dem "nackten Interesse", der "gefühllos baren Zahlung". Dabei einen klaren Kopf behalten, weiter denken, weiter schreiben zu können, ist schon eine Leistung an sich, die man den geistig Überlebenden der Wende nicht hoch genug anrechnen kann. Dass die Leibniz-Sozietät dabei Überlebenshilfe geben kann, ist das Verdienst aller ihrer aktiven Mitglieder, ist das Verdienst eines ihrer Aktivsten, des heutigen Sozietäts-Präsidenten Herbert Hörz. Wenn es ihr auch an barer Zahlung mangelt (was noch ein Euphemismus ist) scheint mir ihre Aktivität auch im Vergleich mit der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften durchaus bemerkenswert. Ihre Öffentlichkeitswirksamkeit ist natürlich gerin-

ger, was allerdings nur den wundern kann, der die von Noam Chomsky so treffend angeprangerte "Media Control" ignoriert.

Rückbesinnung ist etwas gänzlich anderes als Nostalgie – ist vielleicht sogar ihr Gegenteil? Nostalgie projiziert Mängel des Gegenwärtigen auf wirkliche oder fiktive Vorzüge des Vergangenen, um das Gegenwärtige gegenüber dem Vergangenen ab- oder das Vergangene gegenüber dem Gegenwärtigen aufzuwerten. Rückbesinnung versucht dagegen, Vergangenes in die Gegenwart mitzunehmen, ja herüberzuretten, um sich in ihrer modernen Unwirtlichkeit einzurichten. Odo Marquard, der große zeitkritisch Unzeitgemäße, mit dem Herbert Hörz lebhafte Auseinandersetzungen in Deutschlandsberg und anderswo führte, hat das auf eine betroffen machende Formel gebracht: "Die Modernisierung wirkt als beschleunigte Artefizialisierung, d. h. Entnatürlichung und als Versachlichung, d. h. Entgeschichtlichung der Wirklichkeit; beide werden – spezifisch modern – kompensiert durch die Entwicklung des Sinns für die Natur (von der Entdeckung der Landschaft bis zum Naturschutz) und durch die Entwicklung des Sinns für die Geschichte mit seinen kompensatorischen Aktivitäten: dem Museum, der forschenden Erinnerung, der Denkmalpflege ... Keine Zeit hat soviel zerstört wie die Moderne; keine Zeit hat soviel bewahrt wie die Moderne: durch Entwicklung von Fertigkeiten, immer mehr Herkunft in die Zukunft mitzunehmen." Wer den DDR-Wissenschaftlern versagen wollte, ihre Herkunft in die Zukunft mitzunehmen, wer ihnen vorschreiben wollte, welche Teile ihrer Herkunft sie bitteschön mitnehmen sollten und welche nicht, der sieht sich heute am Ende erfolglosen Bemühens. Eine Rückbesinnung ist im Gange, die versucht, nichts Negatives auszublenden, aber auch nichts Positives zu verschweigen, ein echtes Besinnen eben: auf den Sinn und Wert unserer wissenschaftlichen Existenz.

Natürlich kann man diesen Sinn und Wert pauschal in Frage stellen – in Bezug auf Herbert Hörz, in Bezug auf seine Mitstreiter, in Bezug auf das Gros der ostdeutschen Philosophen und Geisteswissenschaftler.

Womit ich schon mitten im ersten Thema meiner dreigliedrigen Laudatio wäre, die sich

- zunächst mit politisch-historischen Randbedingungen des Wirkens von Herbert Hörz beschäftigen soll
- die dann philosophisch-fachliche Aspekte seiner Arbeiten betrachten will, und
- die schließlich auf eher persönlich-private Momente seines, meines, unseres Weges verweisen möchte.

Politisch-Historisches

Zwei Zitate eines zwar bedeutungslosen, aber nicht wirkungslosen ostdeutschen Philosophen möchte ich an den Anfang stellen – nicht weil sie so erhellend sind, sondern weil sie schlaglichtartig die Rezeptionssituation ostdeutscher Philosophie und Geisteswissenschaften heute umreißen.

"Für den Marxismus-Leninismus ergeben sich durch die ... Entwicklungsprozesse in den Natur- und Gesellschaftswissenschaften bedeutende Aufgaben für die Auswertung der weltanschaulichen und methodologischen Probleme der Einzelwissenschaften" schreibt der damalige, ideologisch gestrenge Chefredakteur der "Deutschen Zeitschrift für Philosophie" Hans Christoph Rauh in dem von ihm mit herausgegebenen Buch "Ideologischer Klassenkampf und bürgerliche Gegenwartsphilosophie". "Dies gilt für die Auswertung der Ergebnisse der Wissenschaften in Bezug auf die weitere Entwicklung der Philosophie selbst, in gleichem Maße jedoch auch für die Festigung des materialistischen und dialektischen Standpunktes in der Entwicklung der Einzelwissenschaften." Die Modellierung sozialer Zusammenhänge und Systeme, die für Georg Klaus und Herbert Hörz so wichtig war, wurde mit den Worten verunglimpft: "In dem Bemühen, die Determiniertheit des Geschichtsprozesses, die Bestimmung seines Verlaufs durch das Handeln der Klassen zu ignorieren, werden der Geschichte außersoziale, zum Beispiel technische, kybernetische und andere Gesetzmäßigkeiten untergeschoben, die angeblich deren Entwicklung bestimmen. Die gesellschaftliche Entwicklung soll so eine von der menschlich-gesellschaftlichen Tätigkeit unabhängige Pseudo-Objektivität erhalten." Nachdem der Reihe nach alle "bürgerlichen" Wissenschaftsanschauungen vom Konstruktivismus bis zu negativer Dialektik rüde abgebürstet sind endet das Buch unmissverständlich: "Es gibt nur eine einzige Theorie, die den hier aufgeworfenen Zusammenhang wissenschaftlich erklären kann und daher zu beherrschen gestattet, die materialistische Dialektik. Es gibt daher nur eine einzige wissenschaftliche Philosophie, den dialektischen und historischen Materialismus, das wissenschaftliche Bewusstsein von der Weltanschauung der Arbeiterklasse. In diesem Kampfe und mit dem Wissen um seinen historischen Sinn hat auch die Methodologie der wissenschaftlichen Erkenntnis ihren Beitrag zu leisten."

Damals neigte Rauh einer Fraktion ostdeutscher Philosophen zu, die den Naturwissenschaftlern durchgängig "methodische Bewusstlosigkeit" unterstellte und ihnen am liebsten ihre dialektischen Flötentöne beigebracht hätte; Hörz' Zusammenarbeit mit Physikern, Biologen, Chemikern, Mathematikern, Geologen und anderen – unter der Losung eines Bündnisses zwischen

Philosophie und Naturwissenschaft – wurde als positivistisch, seine Vorsicht, deren philosophische Positionen in Bausch und Bogen zu verdammen, als bürgerlich gebrandmarkt. Zum Glück für uns konnte sich diese linksextreme Fraktion damals nicht durchsetzen.

Heute nun schreibt derselbe Autor, zunächst gegen Herbert Hörz und den von ihm vertretenen dialektischen Determinismus gewandt, es sei "– poststalinistisch zurückfallend bzw. einfach nur populärdogmatisch fortgeschrieben – ein unsäglich primitiver 'dialektischer Determinismus (wahrlich eine total begriffswidersinnige Innung) in Natur und Gesellschaft' … ohne jede wirkliche philosophische Theorie und 'Dialektik des Denkens'". Wenn man allein fünf Adjektive in einem einzigen Satz braucht, um einen Autor zu diffamieren, muss an dem etwas "dran sein" – einen toten Hund tritt man nicht auf so gehässige Weise. Nein, der Hund regt sich noch – und wie! Anders säßen wir hier vielleicht auch nicht zusammen…

Die Konklusion des gehässigen Beitrags aus der gehässigen Anthologie "Anfänge der DDR-Philosophie" lautet: "Die weitere DDR-Philosophie kam vor allem über ihre vormaligen, somit unentrinnbar prägenden stalinistischen Anfänge theoretisch – praktisch nicht mehr hinaus... . Die weit spätere, abschließend-nachfolgende Selbst- und Fremdabwicklung dieser nichts als staats- und parteioffiziellen DDR-"Philosophie" (in Anführungszeichen!) betraf fast nur noch entsprechende marxistisch-leninistische Institutionen, nur noch vereinzelt vorhandene Fachphilosophen ... und eigentlich ein DDR-philosophisches Nichts." Lassen wir den Emotionsgang des philosophischen Nichts, das diese Zeilen schrieb, einmal auf sich beruhen und stellen ihn in den größeren Zusammenhang der Abwicklung der ostdeutschen Wissenschaften, insbesondere der Geisteswissenschaften.

Tatsächlich ist uns nach der Wende immer mal wieder mit erstauntem, ja befremdetem Unterton von westdeutschen Kollegen berichtet worden, mit welchem Furor gerade zu kurz gekommene ostdeutsche Wissenschaftler halfen, ihre einst – zu recht, zu unrecht, wer wollte das prüfen! – zur Disposition stehenden Kollegen aus Ämtern und Positionen zu jagen. Das Resultat ist fatal. Weder 1918, noch 1933, noch 1945 wurde – wie Petra Werner ermittelte – mit gleicher Rigorosität, mit dem gleichen Willen vorgegangen, einen totalen Elitenwechsel zu vollziehen. Dabei ging es nicht primär darum, den schlechteren Philosophen, Anglisten, Ökonomen oder Schriftsteller durch Bessere und Besseres aus dem Westen zu ersetzen. Es ging um einen ostdeutsche Identität nivellierenden Enthauptungsschlag durch Marginalisierung ihrer intellektuellen Repräsentanten. Das ist gelungen.

Allerdings: Die List der Vernunft – die über vorgestellte Zwecke hinweg durch die Handelnden historisch Notwendiges bewirkt – ließ es nicht ruhen. Vom alten Hegel aus dem Philosophenolymp zur Erde gesandt, kleidet sie sich neuerdings in die bunten Gewänder der Narretei, flieht in die Masken des Unterhaltenden und lässt verdutzte, doch amüsierte Ostdeutsche ihre Identitäten in ostalgischen Farcen und Shows wiederfinden.

Sie kleidet sich aber auch in weniger auffallende Gewänder, und wer sich in den Veranstaltungen der Leibniz-Sozietät genauer umgesehen hat, weiß, wie oft sie in unseren Reihen saß. Wir alten und ältlichen Abgewickelten in unserer Sozietät begannen, was vernünftigerweise schon 1990 von Staats wegen hätte geschehen können: eine sinnvolle, von gegenseitigem Vertrauen getragene Zusammenarbeit zwischen ostdeutschen, westdeutschen und ausländischen Philosophen, Geistes- und Naturwissenschaftlern. Eine von gegenseitiger Achtung für unterschiedliche Lebensläufe, Gedanken und – ja, auch – Ideale getragene Kommunikation und Kooperation. Daran trotz aller persönlicher Kränkungen mitgewirkt, dies trotz aller Diffamierungsversuche konsequent in den Mittelpunkt seiner Präsidententätigkeit gestellt zu haben, macht Herbert Hörz erneut des Bewunderns wert.

Ebenso wie ein großer Teil der ostdeutschen Bevölkerung erfuhren die ostdeutschen Intellektuellen nämlich die neuen, lebensverändernden Situationen oft als Kränkungserlebnis. Kränkung liegt der Krankheit nahe. "Kränkungen", so beschreibt es die Gestalttherapeutin Bärbel Wardetzki, "sind mögliche Reaktionen auf Ereignisse, durch die wir uns seelisch verletzt fühlen. Diese Ereignisse sind in der Regel Kritik, Zurückweisungen, Ablehnung, Ausschluss oder Ignoriert-werden, die wir als Entwertung erleben. Und zwar als Entwertung unserer Person, unserer Handlungen oder unserer Bedeutung für einen anderen Menschen. Auf Kränkungen reagieren wir mit Gefühlen von Ohnmacht, Enttäuschung und Trotz sowie Wut und Verachtung gegen den Kränkenden. Kränkungen berühren immer das Selbstwertgefühl. Wir werden durch Kränkungen in unserem Selbstwertgefühl geschwächt, da wir uns nicht respektiert, wertgeschätzt, angenommen und verstanden fühlen. Wir reagieren mit Selbstzweifeln, die bis zur Verunsicherung unseres Identitätsgefühls reichen können." Es ist dieses Kränkungserlebnis, das die selbstwerterhaltende, in der Mitte der neunziger Jahre neu entstandene Ost-Mentalität noch lange wird weiterexistieren lassen. Erst wenn man ostdeutsche Leistungen als solche anerkennt und nicht als gesamtdeutsche vereinnahmt, erst wenn man es zu einer differenzierten "Politik der Mentalitäten" bringt, wie sie Wolf Lepenies immer wieder forderte, erst wenn neue Ost und

West einende politische Emotionen entstehen – etwa beim Umgang mit der informationellen Revolution, oder bei der Bekämpfung von Folgen ökonomischer Dynamisierung und Globalisierung – wird zusammenwachsen, was nicht unbedingt zusammengehörte. An diesem Zusammenwachsen, an der Entstehung solcher sinnvoll einenden politischen Emotionen war und ist Herbert Hörz maßgeblich beteiligt.

Philosophisch-Fachliches

Wahr ist, um auf Philosophisch-Fachliches zurück zu kommen, dass – unabhängig von der denkerischen Qualität – nicht alle Themenbereiche der DDR-Philosophie gleichermaßen überleben werden. Sicher wird man die gediegenen philosophiehistorischen Arbeiten von Buhr bis Wollgast, von Seidel bis Gerlach auch in zwanzig, vielleicht in fünfzig Jahren noch lesen. Sicher wird man die wissenschaftswissenschaftlichen Untersuchungen von Hörz bis Röseberg, von Mocek bis Löther und K.-F. Wessel auch weiterhin rezipieren. Wie weit Beiträge der Dialektik, von Stiehler bis Ruben, in Zukunft eine Rolle spielen mögen, erscheint mir weitgehend ungewiss. Gewiss hingegen erscheint mir, dass Arbeiten von Herbert Hörz weiterhin eine Rolle spielen werden – und das zumindest in dreierlei Hinsicht.

Zum einen stehen seine Bemühungen, die sogenannte *Dialektik von Abbild und Entwurf*, das Konstruktive, aktiv Entwerfende im naturwissenschaftlichen Denken zu verstehen und zu beschreiben in einer gesamtphilosophischen Denkbewegung in Ost *und* West, die sich unter das Motto subsumieren ließe: so viel (wissenschaftlichen) Realismus wie nötig, so wenig (naiven) Realismus wie möglich. Dabei den Marx-Engelsschen Abbildbegriff aus dem 19. Jahrhundert weit für die aus den modernen Naturwissenschaften resultierenden Erkenntnisprobleme geöffnet zu haben, ist ein unbestreitbares Verdienst.

Zum anderen haben seine Vorstellungen von einem dialektischen Determinismus die Hoffnungen auf einen quasimechanischen Selbstlauf der Gesellschaft zum Sozialismus – Kommunismus hin unterlaufen und ein komplizierteres, die wirklichen psychologischen, sozialen, ökonomischen und politischen Einflussfaktoren und Zufälligkeiten berücksichtigendes Determinationsgeflecht in seine Rechte eingesetzt. Damit waren Formen einer selbstorganisativen Determination antizipiert, wie sie heute international breit berücksichtigt und diskutiert werden, auch von Hörz selbst. Es war kein Zufall, dass gerade in dogmatisierten Randgebieten der DDR-Sozialwissen-

schaften, wie etwa den Rechtswissenschaften oder der Politökonomie, dieser Denkansatz von reformerischen Kräften aufgenommen und umgesetzt wurde.

Schließlich war es die Einbindung von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und Naturprozessen in Aufgaben humaner Lebensgestaltung, die das Werk von Herbert Hörz von Anfang an durchzog. Seine Ansätze der zeitgemäßen Rekonstruktion und aktiven Bewahrung humanistischen Gedankenguts, seine Auffassung von *Humanität* als einer Lebensform, die Freiheit garantiert, Ausbeutung und Unterdrückung bekämpft und auf solidarische Verhältnisse gerichtet ist, machen einen dritten, in heutigen wissenschaftsphilosophischen und wissenschaftspolitischen Diskursen oft vernachlässigten Aspekt seines Schaffens aus.

Zu diesen drei Themenkreisen möchte ich mich in gebotener Kürze und schon deshalb nur aphoristisch äußern.

1

Hinsichtlich der Dialektik von Abbild und Entwurf muss man feststellen, dass sich unsere Materialismus-Vorstellungen veränderten und immer deutlicher in einen abgeschwächten Realismus hinüberglitten, je komplizierter die Unterscheidung von Dingen, Eigenschaften, Relationen und Prozessen außerhalb des Bewusstseins und entsprechenden Bewusstseinsresultaten wurde. Gerade die scheinbare "Naivität" jenes starken Realismus, der mit Lenin als Materialismus gedeutet wurde, verlangt außerordentlich komplizierte, von einer Reihe fragwürdiger Annahmen ausgehende Konstruktionen. Vom Wandel der Materialismus-Vorstellungen war jedoch auch unser Widerspiegelungsbegriff betroffen: Indem immer stärker auf den Entwurfscharakter allen "Abbildens", auf die konstruktiven Aspekte jeglichen Erkennens, auf die weder als Isomorphien noch als Homomorphien zu begreifenden Beziehungen zwischen Wirklichkeit und Erkenntnisresultaten hingewiesen wurde, benutzten viele marxistische Erkenntnistheoretiker die Begriffe Widerspiegelung und Abbild nur noch als kanonische Wortattrappen, hinter denen sie ihre eigenen Entwürfe bauten. Hörz entwickelte seine Gedanken dazu vor allem in den Studien zur Erkenntnistheorie von Helmholtz.

Je deutlicher die Erkenntnisobjekte als durch das Erkenntnissubjekt konstruiert, gar konstituiert begriffen wurden, desto unklarer erschien auch, was materialistische, was objektive Dialektik eigentlich meinen konnte. Der einfachere Ausweg war, bei Lukacs anknüpfend, die Natur vom Dialektischsein überhaupt zu befreien, Dialektik auf den sozialen und geistigen Bereich und letztlich auf spezifische Sprachspiele zu reduzieren. Eine andere Möglichkeit bot sich, indem man einige wenige ontologische Fundamentalannahmen ak-

zeptierte und das Auftreten dialektischer Sprech- und Denkfiguren auf sie bezog. Sofern man den diesen Annahmen zugrundeliegenden kritisch, hypothetisch konstruktivistisch oder selbstorganisativ verstandenen Realismus als Materialismus interpretierte, ließ sich dann weiterhin von materialistischer Dialektik reden. Allerdings waren solche Entwicklungen insbesondere auch bei Herbert Hörz nur dann auszumachen, wenn man versuchte, hinter die Wortschleier marxistisch-leninistischer Orthodoxie zu schauen. Erst in dem letzten großen, leider nicht mehr veröffentlichten Werk seines Bereiches, herausgegeben zusammen mit unserem unvergessenen Freund und Mitdenker Ulrich Röseberg, "Dialektik der Natur und der Naturerkenntnis" von 1990 ist die Dialektik von Abbild und Entwurf bewusst neu und invariantentheoretisch formuliert.

Es wird deutlich, dass für Hörz weniger die prinzipielle Antwort zum Primat von Materie oder Bewusstsein von Interesse war (die war vorgegeben und normiert), als die Einschätzung der Reichweite dieser Antwort für das einzelwissenschaftliche und das philosophische Denken. Die weitgehende Herausnahme der philosophischen Diskussion von Materiestruktur und Bewusstseinsstruktur und ihrer Wechselbeziehungen aus dem Dunstkreis der "Grundfrage" spielte für die philosophische Entwicklung in der DDR eine entscheidende Rolle. Sie lässt sich summarisch als Denkbewegung begreifen, stofflich-konkrete Vorstellungen aus diesem Begriff immer mehr zu verbannen und sie philosophisch mit Hilfe anderer Kategorien zu diskutieren. Das erfolgte in Bezug auf die "Materiestruktur" (in "Materiestruktur" 1971) bei Hörz tiefgründig und systematisch, während die Diskussion der "Bewusstseinsstruktur" in der DDR-Philosophie in den Anfängen stecken blieb.

2

Die Betonung der Entwurfsseite und der – stets selbstorganisativen – Erkenntnisaktivität hatte auch auf die Determinismusvorstellungen entscheidenden Einfluss.

Die Wirkung des in zahlreichen Auflagen erschienenen "dialektischen Determinismus in Natur und Gesellschaft" (erstmals 1962) wird nur nachfühlen können, wer die selbstgefällige Überzeugung von Vertretern aus Politik und Offizialphilosophie erlebt hat, historische Gesetze stünden uns ehern wie Gesetze aus Mathematik und klassischer Physik im Klassenkampf zur Seite. Fachlich verbarg sich aber hinter der Suche nach immer neuen, komplizierteren Determinationsformen in Natur und Gesellschaft und ihrer Erkenntnis der Versuch, dem Zufall (besonders in "Werner Heisenberg und die Philosophie" 1966 und "Zufall. Eine philosophische Untersuchung" 1980)

und der Zeit (in "Philosophie der Zeit" 1989) auf die Schliche zu kommen. Besonders die Konzeption statistischer Gesetze war einer der wirkmächtigsten neuen Grundgedanken des Philosophierens in der DDR.

Die starke Betonung der selbstorganisativ entwerfenden Aktivität und ihrer weitgehenden Autonomie gegenüber dem "abgebildeten" Objekt führte zu der Aussage, dass materielle Objekte und Prozesse prinzipiell nicht mit sprachlichen und mathematischen Strukturen zu identifizieren seien, deren relative Adäquatheit also letztlich nur über experimentelles Handeln, über Praxisbezüge ermittelt werden könnten. Hier wurden Verbindungen zu konstruktivistischen Ansätzen offensichtlich.

Schon Dingler hatte ja hervorgehoben, dass jede "bloß sinnesphysiologisch begründete, naiv abbildtheoretische Erkenntnistheorie" methodisch stets zu spät komme, da sie selbst erklärungsbedürftige Mittel zur Erklärung einsetzt, also zu Erkennendes als bereits Erkanntes voraussetzt. Zur Überwindung solchen erkenntnistheoretischen Paradoxons sei ein Praxisbegriff unumgänglich. Dieser wurde – marxistisch – in seiner Bedeutung betont, und in Richtung gemeinsamer, kooperativer – also historisch-gesellschaftlicher – Praxis weitergeführt. Es bedurfte schon beträchtlicher Scheuklappen, um konstruktivistische Ansätze im "ideologischen Klassenkampf" umstandslos der "bürgerlichen Gegenwartsphilosophie" zu subsumieren, wie dies z.B. Rauh (vor seiner Wende) versuchte.

Zugleich ließen sich Verbindungslinien zu Poppers Theorie der Theorienentwicklung ziehen. Auch Maturanas erkenntnistheoretischer Entwurf wurde als ein – wenn auch solipsistisch überzogener – Versuch begrüßt, die Autonomie neuronaler Prozesse und geistiger Resultate zu betonen, die Selbstorganisation des Geistigen vom Gegenstandszusammenhang zu separieren. Ebenso wurden aktuelle Realismusvorstellungen etwa von J. Goetschl als "moderner Materialismus" begrüßt. Damit war ein Anschluss an moderne Realismusintentionen und -diskussionen vollzogen und die Tür zu weiterführenden Determinismusvorstellungen geöffnet.

Das war umso fruchtbarer, als marxistisches Denken über weit ausgearbeitete Praxisbegriffe verfügte und damit die Verbindung zwischen Empirie und Theorie durch Praxis auf eigene Weise erkenntnistheoretisch zu reflektieren vermochte. Neben Herbert Hörz' Ansätzen (z.B. in "Wissenschaft als Prozess" 1988) muss die durch H. Laitko ausgearbeitete Konzeption von der "Wissenschaft als allgemeine Arbeit" zu solchen Reflexionen gezählt werden. Hörz' Konzeptionen von der philosophischen Verallgemeinerung wis-

senschaftlicher Erkenntnisse wie von der philosophischen Durchdringung der Einzelwissenschaften gehören ebenfalls hierzu.

3

Bereits in seinen ersten Veröffentlichungen, etwa in der kleinen Schrift "Materie und Bewusstsein" (1965) behandelte Herbert Hörz kursorisch das Verhältnis von Weltanschauung, Philosophie und Naturwissenschaft. Neben der Frage nach den Formen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns und den Formen naturhafter wie sozialer dialektischer Determination durchzieht die nach der Determiniertheit menschlichen Erkennens und Handelns, nach einer gründlichen Analyse des Verhältnisses von Subjekt, Objekt und gesellschaftlicher Praxis sein gesamtes Werk. Wie werden die Schranken der Wissenschaft durch die Wissenschaft selbst überwunden? fragte er in seiner großen Arbeit "Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften" (1974). Nicht nur dort, auch in den meisten anderen Arbeiten zu wissenschaftstheoretischen Gegenständen sind wissenschaftsethische Überlegungen nichteliminierbarere Bestandteile des Nachdenkens. Die Fragen nach dem Sinn des Lebens und nach dem Charakter gesellschaftlichen Fortschritts gehören für ihn zu den philosophischen Grundfragen, an denen auch Wissenschaftstheorie und -philosophie nie vorbei kommt. Er versuchte, Gesetze der Wissenschaftsethik herauszuarbeiten, die den Zusammenhang von Wissenschaftsentwicklung, gesellschaftlicher Bedingtheit, Normen und Werten und moralischem Verhalten zum Ausdruck bringen. Ein solches Insistieren auf den sozialpolitischen und ethischen Aspekten auch von primär wissenschaftstheoretisch angelegten Forschungsbemühungen findet man heute höchstens noch bei Jürgen Mittelstraß, kaum sonst.

Auch diese Bemühungen sind in einer Reihe von wichtigen Schriften wie den beiden mit Dietmar Seidel herausgegebenen Büchern "Verantwortung – Schöpfertum Wissenschaft" (1979) und "Humanität und Effektivität – zwei Seiten der wissenschaftlich-technischen Revolution" (1984) oder "Was kann Philosophie" (1986) dokumentiert. Bis heute verlangt Hörz von seiner wie von anderer Philosophie weltanschauliche, politische und heuristische, das heißt ideengenerierende soziale Wirksamkeit. Bis heute umspielt ein Lächeln seine Lippen, wenn er wieder und wieder gewichtige, wie Blei in den Regalen liegende Werke vom Typ "der Soundso-Begriff bei Demunddem" sieht…

Unter den Bedingungen definierter Unfreiheit hat Hörz damals tiefgründig über den Freiheitsgewinn der Persönlichkeit nachgedacht. Heute, unter den Bedingungen undefinierter Freiheit hat er seinen Ansatz reformuliert und erweitert: "Der Freiheitsgewinn der Persönlichkeit als Ausdruck umfas-

senderer Selbstorganisation sozialer Systeme verlangt die Wahrnehmung individueller Verantwortung als Pflicht zur Beförderung der Humanität und eine Methodologie und Ethik der Kooperation. Die globalen Krisen, die Zivilisations-, Herrschafts-, Theorie- und Sinnkrise, sind dazu progressiv zu bewältigen" heißt es in einer neueren Arbeit "Selbstorganisation sozialer Systeme" (von 1994) – Startband der von Hörz herausgegebenen Reihe "Selbstorganisation sozialer Prozesse".

Angesichts der stockenden, ökonomisch schwachbrüstigen wissenschaftlich-technischen Entwicklung der DDR hat Hörz weiterwirkend das Verhältnis von Humanität und Effektivität reflektiert. Angesichts von etwa 5 Millionen Arbeitslosen in diesem wissenschaftlich-technisch führenden Land hat die Fragestellung eine erweiterte Dimension bekommen. Seine Forderung, wissenschafts- und technikfeindlichem Pessimismus und Zynismus oder auch illusionärem Optimismus einen *realen* Optimismus entgegenzusetzen, ist mit dem Wegbrechen sozialistischer Utopien keineswegs utopisch geworden; sie wird uns in den kommenden sozialökonomischen Abbau-Jahren mehr denn je beschäftigen. Effektivität und Humanität zusammenzubringen bleibt eine langfristige Zukunftsaufgabe.

Persönlich-Privates

Wenn ich nun auf eher Persönlich-Privates zu sprechen komme, wird die Laudatio vollends zum unverhohlenen Lob, ich muss mich zurückhalten, des Guten nicht zuviel zusammenzutragen. Allerdings ohne dies hätte ich sie gar nicht erst übernommen.

Resümiert man die drei angedeuteten thematischen Grundlinien – Dialektik von Abbild und Entwurf, dialektischer Determinismus, wissenschaftsgestützter Humanismus – so fällt auf, dass sehr wohl von Reformulierungen, von Weiter- und Neudurchdenken bisheriger Resultate die Rede ist, nirgends aber von Brüchen, von einem Ganz-anders-Machen, von Selbstkasteiungen. Kontrastiert man das mit den vorhin erwähnten Äußerungen des von Marx zum philosophischen Markt Konvertierten, fällt sofort ins Auge: Hörz stand und steht zu dem, was er dachte, sagte, verfocht, auch zu seinen Fehlern. Er steht zu sich selbst. Ohne Selbstgewissheit, aber mit ausgeprägtem Selbstvertrauen.

Diese Geradlinigkeit macht die Zusammenarbeit mit ihm so angenehm. Man kann seinen Worten trauen und seinen Zusagen vertrauen. Er ist einer der verlässlichsten Menschen, die ich kenne. Hörz denkt, was er sagt und sagt, was er denkt. Das war früher nicht anders als heute. Sicher – manchmal

behielt er seine Gedanken lieber für sich, oder sprach nur im Freundeskreis darüber. Manchmal wählte er seine Worte und Äußerungen sehr vorsichtig, wickelte sie in Phrasen, verwischte die Fährten seiner Überlegungen lieber, als dass er sie allzu deutlich hervorhob. Aber er sagte nie Anderes, als er dachte, er hatte im Gegensatz zu so vielen Mitmenschen einst und heute nie zwei Gesichter, nur eines – das manchen mehr, manchen weniger gefiel.

Das Selbstvertrauen führte zu einem großen Vertrauen anderen Kollegen und Mitarbeitern gegenüber. Drei Prinzipien beherrschten seine Leitungstätigkeit und -fähigkeit:

Erstens war ihm ieder willkommen, der neue Sichten, neuen Sachverstand, vor allem neues naturwissenschaftliches Wissen in Diskussionen einbringen konnte. Das hatte er von seinem, von unserem großen Vorbild Georg Klaus gelernt. 1960 promovierte der 1933 Geborene bei Klaus Zweiling und Asarja Prisenti Polikarw mit der Arbeit "die philosophische Bedeutung der Heisenbergschen Unschärferelation" und einem Rigorosum in Philosophie und Physik mit "summa cum laude". Schon 2 Jahre später habilitierte er sich mit "Dialektischer Materialismus und Quantentheorie", arbeitete unter dem ebenso universell interessierten wie wissenswütigen Hermann Ley und übernahm bereits 1965 eine Professur für philosophische Probleme der Naturwissenschaften. Nach einer Gastprofessur an der Lomonossow-Universität begründete er 1972 den Bereich "Philosophische Fragen der Wissenschaftsentwicklung" am Zentralinstitut für Philosophie der AdW der DDR, der zur Hälfte aus Philosophen zur anderen aus Naturwissenschaftlern bestand. – Ich erinnere mich einer für ihn typischen und für mich folgenreichen Episode: 1973 wollte ich mich zukünftig mehr mit dem Schreiben von Romanen und wissenschaftswissenschaftlichen Forschungen als mit meiner Wissenschaft Physik befassen, bewarb mich in Günter Kröbers Institut für Wissenschaftsforschung und in Hörz' neuem Bereich. Die Reaktion des ersteren: Ein Schriftsteller – der kann bestimmt nicht ordentlich wissenschaftlich arbeiten – abgelehnt. Die Reaktion des letzteren: Einen Schriftsteller – den können wir gut gebrauchen, der bereichert unser Nachdenken – angenommen. So kam ich zu Herbert Hörz... bis 1989 bezog er immer wieder neue, interessante, oft quer denkende Natur- und Sozialwissenschaftler in unsere Arbeit ein. Und spricht nicht seine Arbeit als Präsident der Leibniz- Sozietät von eben dieser ungebrochenen Wissenslust?

Zweitens gab und erwartete er ein hohes Maß von Vertrauen und Loyalität. Mitarbeiter können vielleicht mittelmäßig sein – aber nicht intrigant, war eine seiner Leitungsmaximen. Bis auf einen Fall hatte er sie im Bereich auch

durchsetzen können. Dort durfte alles diskutiert werden, jeder wusste, was davon nach draußen getragen werden konnte und was nicht. Ich erinnere mich an ein Ökonomie-"Parteilehrjahr" 1987 – wir luden uns stets echte, kritische Sachverständige dazu ein – wo wir darüber diskutierten was geschehen würde, wenn die DDR die Westmark 1:1 als offizielle Währung einführen würde, und kamen übrigens zum Schluss, dass dann die DDR sofort zusammenbrechen würde. Aber nicht das, sondern die Tatsache, dass wir dergleichen offen diskutieren konnten, halte ich für erwähnenswert.

Drittens scheint mir seine Fähigkeit, Kollegen und Mitarbeiter differenziert zu fördern, vorwärts zu bringen, auch vorwärts zu stoßen, bemerkenswert. Ich erinnere mich an unser erstes gemeinsames Büchlein 1977. Ich kam mit dem Manuskript Herbert Hörz, John Erpenbeck "Philosophie contra Naturwissenschaft". Er sah aufs Titelblatt, dann sagte er: "Nein, wir ändern die Autorenreihenfolge in Erpenbeck, Hörz. Dann wirst Du zuerst zitiert, dein Name wird bekannt, und wer das Buch kauft, weil er mich kennt, lernt dich im Huckepack mit kennen." So war's – und ich verdanke allein dieser kollegialen Geste enorm viel. Mit ähnlichen gemeinsamen und kollektiven Publikationen hat er auch andere mitgezogen und bekannt gemacht – nicht immer zur Freude konkurrierender Kollegen. Zugleich hat er durch eine interessante Auswahl von Forschungsgebieten und Arbeitsthemen und – natürlich – auch durch Aktivierung seiner Netzwerke (wie man Seilschaften heute nennt) dazu beigetragen, dass nicht weniger als 7 der ca. 20 Bereichsmitarbeiter nach und nach zu Professoren ernannt wurden. Freilich konnten nur 5 der 20 Bereichsmitarbeiter in zumindest philosophienahen Stellen nach der Wende unterkommen. Der Rest: Pensioniert, abgewickelt, arbeitslos oder in fachfremden Tätigkeiten untergekommen...

Herbert Hörz,— Sohn einer Köchin, die mit einem Schwimmmeister verheiratet war, Mann einer ebenso moralisch wie menschlich großartigen Moralphilosophin, Vater von drei Kindern und Großvater von sieben Enkeln – ist in der Gegenwart angekommen. Er ist Präsident einer gemeinschaftlich operierenden Gelehrtengesellschaft. Er ist in das Leben dieser bundesrepublikanischen Gesellschaft ohne Gemeinschaft eingebunden, ohne durch sie gebunden zu sein: So kann er seinem Lebensideal humaner Lebensgestaltung als individuellem und sozialem Freiheitsgewinn folgen und die Vision einer Assoziation freier Individuen mit sozialer Gerechtigkeit und ökologisch verträglichem Verhalten im Auge behalten. Und vielleicht gehört dieser gegenwärtig verfemtesten aller Visionen doch die Zukunft, wer weiß?

Das mit zu erkunden, wünsche ich Dir, lieber Herbert, noch ein gutes Stück Lebenszeit.

Effektivierung und Humanisierung

Einleitung

Hochgeschätzte Akademie, sehr geehrte Damen und Herren, verehrter Jubilar, liebe Helga!

Zunächst möchte ich mich herzlich bei Ihnen bedanken, an dieser Festveranstaltung zum 70. Geburtstag von Herbert Hörz das Wort ergreifen zu dürfen. Es ist gleichzeitig mein erster mündlicher Beitrag auf einer Veranstaltung der Leibniz-Sozietät.

Meine persönliche Bekanntschaft mit Herbert Hörz geht auf die hochinteressanten und intellektuell äußerst fruchtbaren Zusammenkünfte von Wissenschaftsforschern aus West- und Osteuropa in Deutschlandsberg in der Steiermark zurück. Die Deutschlandsberger Symposien waren von 1979 bis 1991 alljährlich vom österreichischen Wissenschaftsphilosophen Johann Götschl (Mitglied der Leibniz-Sozietät) unter Beteiligung des Instituts für Wissenschaft und Gesellschaft in Erlangen mit seinem Direktor Clemens Burrichter veranstaltet worden. Zu jener Zeit waren die Deutschlandsberger Symposien eine der wenigen Gelegenheiten, den Dialog zwischen ExpertInnen aus kapitalistischen und sozialistischen Ländern zu führen und zu vertiefen, und Fragen von Wissenschaft und Humanismus in West- und Osteuropa zu diskutieren, und dies jenseits der Tagespolitik und ohne Teilnahme der Massenmedien. In Deutschlandsberg war es sogar möglich, höchst spannende Gespräche zwischen Philosophen aus West- und Ostdeutschland miterleben zu können. Herbert Hörz hat als Mitglied des Organisationskomitees der Symposien regelmäßig an den Treffen teilgenommen, oft von Kollegen und MitarbeiterInnen aus Berlin begleitet (ich erinnere mich an Ulrich Röseberg, der viel zu früh von uns gegangen ist, an Manfred Buhr und meinen Vorredner John Erpenbeck, beide Mitglieder der Leibniz-Sozietät, an Nina Hager und viele andere). So konnte ich einen ziemlich direkten und lebendigen Einblick in die Themengebiete der Philosophie in der DDR gewinnen.

Die Arbeiten von Herbert Hörz waren den philosophisch-politisch Interessierten in Österreich durchaus vertraut. Eine Sendung im österreichischen Fernsehen (im sogenannten "Nachtstudio") mit dem Wiener Philosophen Erhard Oeser machte sein Denken auch über die Fachwelt hinaus bekannt. Vor allem waren uns jene Aspekte seines Denkens wichtig, die sich nicht nur auf den Sozialismus, sondern auch auf die kapitalistische Welt anwenden ließen oder systemübergreifend relevant waren.

Effektivierung und Humanisierung

Eine der zentralen Fragen, die wir uns in Österreich stellten, war die Einschätzung des kapitalistischen Systems, in dem wir lebten, und nach welchen Kriterien es analysiert werden könnte. Herbert lieferte uns mit den Begriffen "Effektivierung" und "Humanisierung" das Handwerkzeug dazu. Diese Begriffe erlaubten es, fern von der weit verbreiteten Schwarzweißmalerei der gesellschaftlichen Systeme zu einer realistischeren Einschätzung der gegenwärtigen Lage zu gelangen. Sie bewahrten uns – so hoffe ich – weitgehend vor vorschnellen Urteilen.

Als ich im Jahr 2000 nach mehrjährigem Auslandsaufenthalt in Spanien wieder nach Österreich zurückkehrte, in ein Land, in dem mittlerweile eine rechtspopulistische Partei mitregierte, begann ich, in Wien einen interdisziplinären Diskussionskreis aufzubauen, um gemeinsam zu einer Standortbestimmung der österreichischen Situation im internationalen Kontext zu gelangen. Das Thema, zu dem ich einlud, war – Sie werden es schon erraten haben - "Effektivierung" und "Humanisierung". Damals war keine gute Zeit für fundiertes Denken über zukünftige Entwicklungen, vor allem nicht für soziale Utopien. Es war nicht nur die Zuversicht in die Umsetzbarkeit von bisherigen demokratischen, sozial- und umweltverträglichen gesellschaftlichen Alternativen geschwunden, sondern die Entwürfe selbst schienen an Attraktivität und an ansteckender politisierender Wirkung zu verlieren. Es war notwendig geworden, Menschen- und Bürgerrechte, die wir schon für vollkommen abgesichert gehalten hatten, gegen das Recht des Stärkeren zu verteidigen. Gerade deshalb schien es mir an der Zeit, die Diskussion wieder aufzunehmen, in welchem theoretischen Rahmen und an welche Prozesse der Gegenwart anknüpfend eine Politik gemacht werden kann, die weniger ausschließend, weniger umweltfeindlich, friedliebender und menschlicher ist.

Zum Glück für uns war die Hörz'sche Begrifflichkeit von Effektivierung und Humanisierung nicht bis ins letzte Detail ausformuliert. So boten die beiden Begriffe eine Projektionsfläche, in die wir unsere eigenen Probleme mit

der österreichischen Situation einbringen und präzisieren konnten. Unter Variation der Hörz'schen Definitionen verstehen wir unter "Effektivierung" den Prozess der immer virtuoseren Auseinandersetzung der Menschen mit der ihnen äußerlichen und ihnen eigentümlichen inneren Natur. Der Begriff ist eigentlich als komplexes Begriffsbündel zu sehen, das eine beinahe fraktal zu nennende Struktur besitzt. Der Grad der "Effektivierung" lässt sich auf den verschiedensten Aggregationsniveaus bestimmen, auf dem Niveau der globalen Gesellschaft, den regionalen, nationalen Ökonomien, auf der Ebene von Wirtschaftszweigen, Industrien, Unternehmen bis hinunter zur einzelnen Arbeitsgruppe, dem individuellen Arbeitsplatz und Haushalt. Der Effektivierungsprozess hat zwei Komponenten, einerseits eine statische, die Verbreitung von bereits bekannten Arbeits- und Herstellungsmethoden, andererseits die dynamische. Diese zweite Komponente umfasst die Innovation von Produktions- und Organisationsformen. Wollen wir mit diesen Begriffen in die Empirie gehen, benötigen wir Indikatoren, die eine Messung ermöglichen. Messen lässt sich das Niveau der Effektivierung einerseits vielleicht an der Produktivität der Arbeit, der Faktorintensität und der Belastung von Menschen und Umwelt; andererseits an der Schnelligkeit der wissenschaftlich-technischen Veränderungen, die sich vielleicht in der Innovationsrate ausdrücken lässt. Es geht heute um die Beschreibung der allgemeinen Tendenz der Technisierung in den historisch jeweils neuen Formen, die die traditionellen Formen der Mechanisierung, Automatisierung, Informatisierung und Bionisierung fortsetzen. Der Effektivierungsgrad erlaubt Rückschlüsse auf den möglichen "Reichtum der Nationen", der jeweils erreichbar wäre.

Ich komme nun zum zweiten Begriff des Begriffpaars. "Humanisierung" verweist auf die menschliche Seite der in die jeweilige historische Form gegossenen Arbeits- und Lebensprozesse, auf die Beziehungen, die zwischen den Menschen herrschen, sowohl auf der Gruppen-, Schichten- und Klassenebene, als auch zwischen den Individuen. Sie orientiert auf die Herausbildung des allseitig entwickelten Individuums in Frieden und Freiheit durch wechselseitige Hilfe auf der Grundlage der gesellschaftlichen Entwicklung. Als Indikatoren für Humanisierung kann der Grad der Teilnahme des Individuums an der Gesellschaft herangezogen werden, die Gestaltungsmöglichkeiten von Gemeinschaft, die Mitwirkungsmöglichkeiten an deren Gestaltung, das Niveau der Demokratisierung, das Ausmaß und die tatsächliche Erreichbarkeit verbriefter Menschen- und Bürgerrechte, die Selbstbestimmung der Individuen im gesellschaftlichen Rahmen, die Inklusivität der Gesellschaft, die Friedlichkeit gegenüber Mensch und Umwelt. Wiederum lässt sich der Be-

griff Humanisierung quasi fraktal auf die verschiedensten Niveaus und Aggregationsformen gesellschaftlicher und gemeinschaftlicher Institutionen anwenden.

Dass die beiden Begriffskomplexe nicht nur in philosophischen Fachkreisen Sinn machen, sondern sich auch in der Literatur – wenn auch unter anderem Namen – auffinden lassen, soll ein Zitat von Stefan Zweig¹ aus seiner "Welt von Gestern – Erinnerungen eines Europäers" illustrieren, das in einigen Aspekten von erschreckender Aktualität ist:

"Ich musste wehrloser, machtloser Zeuge sein des unvorstellbaren Rückfalls der Menschheit in längst vergessen gemeinte Barbarei mit ihrem bewussten und programmatischen Dogma der Antihumanität. Uns war es vorbehalten, wieder seit Jahrhunderten Kriege ohne Kriegserklärungen, Konzentrationslager, Folterungen, Massenberaubungen und Bombenangriffen auf wehrlose Städte zu sehen, Bestialitäten all dies, welche die letzten fünfzig Generationen nicht mehr gekannt haben und künftige hoffentlich nicht mehr erdulden werden. Aber paradoxerweise habe ich auch in ebenderselben Zeit. da unsere Welt im Moralischen zurückstürzte um ein Jahrtausend, dieselbe Menschheit im Technischen und Geistigen sich zu ungeahnten Taten erheben sehen, mit einem Flügelschlag alles in Millionen Jahren Geleistete überholend: die Eroberung des Äthers durch das Flugzeug, die Übermittlung des irdischen Worts in derselben Sekunde über den Erdball und damit die Besiegung des Weltraums, die Zerspaltung des Atoms, die Besiegung der heimtückischsten Krankheiten, die fast tägliche Ermöglichung des gestern noch Unmöglichen. Nie bis zu unserer Stunde hat sich die Menschheit als Gesamtheit teuflischer gebärdet und nie so gottähnliches geleistet."

Meiner Auffassung nach stehen Effektivierung und Humanisierung nicht bloß unverbunden nebeneinander. Sie geben für den jeweiligen Schwesterbegriff das Möglichkeitsfeld an, das den Menschen als Potenzial zugänglich ist. Wie Sie sicher schon bemerkt haben, ist der Begriff "Möglichkeitsfeld" wiederum eine Anleihe aus der Hörz'schen Gedankenfabrik. Ein hoher Stand der Naturbeherrschung mit dem damit verbundenen Reichtum erlaubt es etwa *im Prinzip*, die Arbeitsbedingungen menschenfreundlicher zu gestalten, Arbeitszeitverkürzungen einzuführen, das Bildungs- und Gesundheitswesen, den Wohlfahrtsstaat großzügig auszubauen und die demokratische Mitwirkung auszudehnen. Umgekehrt *kann* ein hohes Teilhabeniveau an den gesellschaft-

¹ Stefan Zweig, Die Welt von Gestern – Erinnerungen eines Europäers, (Vorwort, S. 11). Fischer Taschenbuch 1152, 33. Auflage, Frankfurt am Main, Mai 2002

lichen Entscheidungsprozessen die Richtung der technischen Veränderungen neu bestimmen, die dann eher der Bevölkerungsmehrheit als den privilegierten Eliten zugute kommen.

Die beiden Begriffskomplexe erlauben es, in groben Zügen und mit viel Pauschalisierung auch Kapitalismus und Sozialismus einzuschätzen: Während der Kapitalismus die Effektivierung auf lokaler, punktueller Ebene zu beeindruckender Höhe entwickelt hat und dem gesellschaftlichen Reichtum durch die Entwicklung von Wissenschaft und Technik fast keine physischen Grenzen mehr gesetzt sind, hat er die Humanisierungsseite weitgehend vernachlässigt. Er erzeugt bzw. toleriert das Zurückbleiben der dritten Welt, oder er bombt sie aus quasi-feudalen Zuständen in eine aufgezwungene neo-liberale Entwicklungsstufe, er betreibt Raubbau an Mensch und Natur. Er missbraucht die Produktivkräfte als Destruktivkräfte.

Umgekehrt der Sozialismus, angetreten, um humane Ziele (Frieden, Menschenrechte, Kampf gegen Ausbeutung, Armut und Rückständigkeit) zu verwirklichen, war er im 20. Jahrhundert nicht imstande, diese Ziele auf Dauer umzusetzen, da es ihm meines Erachtens nicht gelang, die technisch-ökonomischen Grundlagen zu entfalten und nachhaltig auszubauen. Er scheiterte unter den bekannten historischen Bedingungen an einem Effektivierungsdefizit, das letztlich zu antihumanem Verhalten führte und die ursprünglichen Ziele konterkarierte.

Aus dem vorher Gesagten ziehe ich daher folgenden Schluss: Eine Gesellschaft ist meiner Auffassung nach nur dann zukunftsfähig, wenn sie Effektivierung zugunsten von Humanisierung betreibt, aber nicht Effektivierung auf Kosten von Humanisierung, oder Humanisierung zum Nachteil von Effektivierung. Die Gesellschaft sollte daher in die angegebene Richtung verändert werden.

Informationstechnologie und Wohlfahrtsstaat

In den nun folgenden Überlegungen versuche ich, ein Beispiel für die Fruchtbarkeit der Hörz'schen Begriffswahl zu skizzieren, und zwar anhand der Bestimmung des Möglichkeitsfeldes einer speziellen Effektivierungstechnologie für ein bestimmtes Humanisierungsfeld, den traditionellen Wohlfahrtsstaat.

Wie ja gerade in Deutschland, aber auch in vielen anderen Ländern Europas zu beobachten ist, geriet der herkömmliche Wohlfahrtsstaat in Ost und West durch eine Vielzahl von Faktoren unter Druck: In den "alten" kapitalistischen Ländern sind es offenkundig die steigenden Kosten und die relativ geringe Effektivität, begleitet von einer Image-Verschlechterung der

öffentlichen Verwaltung. In vielen Reformländern Osteuropas sind die traditionellen Systeme des staatlichen Gesundheitswesens und der Sozialversicherung mit noch größeren Schwierigkeiten konfrontiert. Der Mangel an finanziellen Mitteln, die Abwendung von den Ideen gesellschaftlicher Verantwortlichkeit und die Zuwendung zum Neoliberalismus untergraben ihre Funktionalität. Daher ist die Frage legitim: Welche Möglichkeiten gibt es unter den Bedingungen neuer Technologien, den Wohlfahrtsstaat zu erneuern, ohne seine positiven Effekte zu verlieren oder ihn überhaupt abzuschaffen?

Auf welcher Grundlage könnte dies geschehen? Ich versuche eine Antwort, die eng mit der Kostensituation des Wohlfahrtsstaates in Zusammenhang steht. Ich gehe dabei von den "Transaktionskosten" aus. Dieser Begriff wurde in den 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts geprägt. Die Wirtschaftswissenschaftler, die diesen Begriff vertraten, verwendeten ihn gegen die Positionen der neo-klassischen Ökonomie, die auf vollkommenen Wettbewerb und vollständige Information setzte. Sie meinten, dass nicht nur der Preis eines Produkts oder einer Dienstleistung für den Abschluss einer wirtschaftlichen Transaktion von Bedeutung seien, sondern auch die Kosten der Informationsgewinnung und die erforderlichen Bedingungen dafür. Reale Wirtschaftssubjekte müssen etwa die Kosten dafür tragen, wie sie die gesamten, für die Errichtung eines Vertrags notwendigen Informationen erhalten, bevor sie ihn unterzeichnen. Dazu bedarf es Verhandlungen, die wieder etwas kosten, und auch die Kommunikation in diesem Prozess ist nicht gratis.

Die verschiedenen Institutionen des Wohlfahrtsstaates können als Dienstleistungsbetriebe angesehen werden, in denen Information, Kommunikation und Organisation eine wesentliche Rolle spielen. Veränderte Transaktionskosten können daher starke Auswirkungen auf die Art und Weise der Produktion dieser Dienstleistungen haben. Welche Tätigkeiten sind davon betroffen? Hier folgen einige Beispiele, wie etwa

- Kommunikationstätigkeit (z. B.: Vorbereitung, Übermittlung, Empfang, Beurteilung von Botschaften zwischen zwei oder mehreren Parteien),
- Koordinationstätigkeit (z. B.: in Bezug auf alle Vorgänge in Zusammenhang mit einem Vertragsabschluss, Planung oder Entscheidungsfindung),
- Informationstätigkeit (z. B.: Prozesse des Rechnens, Surfens, Suchens, Bearbeitens, Bewertens, Verifizierens),

die durch moderne Informations- und Kommunikationstechnologien leichter, schneller, billiger und in besserer Qualität durchgeführt werden könnten.

Die veränderten technischen Bedingungen erlauben es, die Transistoren, zentralen Schalt- und Bauelemente der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien, in einem bisher ungeahnten Ausmaß zu verbilligen

und *gleichzeitig* den Platzbedarf zu reduzieren. Die Kosten pro Transistor fielen in 30 Jahren (zwischen 1968 und 1998) auf ein Millionstel, die Packungsdichte brauchte sogar nur 35 Jahre, um eine Million Mal größer zu werden (siehe Abbildungen 1 und 2). Das Moore'sche Gesetz, das empirisch die Packungsdichte der Transistoren pro Chip beschreibt, und immer noch Geltung hat, besagt, dass die Anzahl der möglichen Schaltelemente auf einem Chip sich alle 12 bis 18 Monate verdoppelt.

Damit steigen im Prinzip die technischen Möglichkeiten gewaltig an, die auch kleineren Budgets zur Verfügung stehen werden.

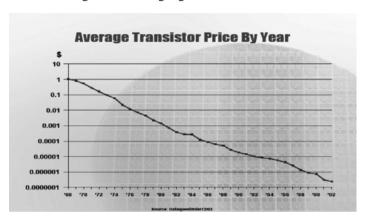


Abb. 1: Durchschnittlicher Preis pro Transistor

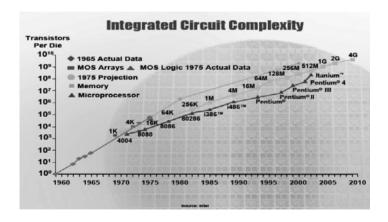


Abb. 2: Komplexität eines Integrierten Schaltkreises

Quelle: ftp://download.intel.com/research/silicon/Gordon_Moore_ISSCC_021003.pdf

Die gegenwärtigen I&K-Technologien ermöglichen also eine erhebliche Senkung aller dieser Transaktionskosten, aber die quantitative Kostensenkung selbst ist meines Erachtens nicht das Wesentliche. Eines der interessantesten Ergebnisse, das von den Proponenten des "Transaktionskosten"-Ansatzes erzielt wurde, liegt in der Erklärung für das Auftauchen *qualitativ* neuer Organisationsstrukturen, d. h., dass durch die Veränderung der Struktur und der Höhe der Transaktionskosten neue Akteure in neuen Kombinationen und Kooperationsformen ins Spiel kommen können und andere verschwinden, wie beim Ende des "putting-out-Systems" und der Geburt des "factory-Systems" in Großbritannien im frühen Kapitalismus².

Targeted Intelligence Networks

Mit meinem Team an der TU Wien und später am Institut für technologische Zukunftsforschung der Forschungsstelle der Europäischen Kommission in Sevilla begann ich nach neuen qualitativen Möglichkeiten für Dienstleistungen im Rahmen des Wohlfahrtsstaates Ausschau zu halten³.

Der Grundgedanke war einfach: Wir nahmen an, dass weder groß angelegte Institutionen noch die Individuen in der Lage sind, mit den Schattenseiten der menschlichen Existenz angemessen fertig zu werden. Große Institutionen sind zu weit von den Bürgerinnen und Bürgern entfernt, entfalten eine unüberschaubare Bürokratie und neigen zur Selbstbezüglichkeit, andererseits sind die Einzelnen schon im einfachsten Fall krankheitsbedingter Einschränkungen ihrer Funktionen außerstande, die Wechselfälle des täglichen Lebens zu bewältigen.

Daher schlugen wir *gruppenzentrierte* Einrichtungen vor, die von zeitgemäßen Informations- und Kommunikationstechnologien und entsprechenden Ausbildungsangeboten unterstützt werden. Während ich für die EU-Kommission tätig war, veranstalteten wir einen internationalen Workshop, um die

Williamson, O. E., The Economic Institutions of Capitalism, The Free Press, New York 1987, paperback edition.

³ Diese Aktivität war Teil einer Antwort auf ein weltweites Preisausschreiben unter dem Titel: "Men's work – tomorrow", das von FUTUROSCOPE, einer Art Disneyland für die Zukunft, von Poitiers, Frankreich, aus veranstaltet wurde. Unsere Arbeit war einer der beiden Gewinner (siehe das Ergebnis unter

http://members.chello.at/gre/fleissner/documents/work/work.pdf).

Einrichtung dieser neuen Gruppen zu diskutieren. Um dem Kind einen Namen zu geben, nannten wir sie "Targeted Intelligence Networks" (TINs). Die Gemeinsamkeit der verschiedenen Gruppen bestand in der freiwilligen und technologieunterstützten Zusammenarbeit in Kleingruppen auf ein bestimmtes Ziel hin.

Ich bin genug Realist, um zu wissen, dass es nicht genügt, nur auf den postmodernen Mythos der Selbstorganisation zu vertrauen und auf seine Verwirklichung zu warten. Ich vertrete vielmehr die Ansicht, dass ein Rahmen geschaffen werden muss, innerhalb dessen diese neuen Formen entstehen können. Dieser Rahmen besteht nicht nur aus ermunternden Worten und Medienkampagnen, sondern auch aus finanziellen, infrastrukturellen, technischen und Bildungsmitteln, die es Menschen ermöglichen, ihre neuen Aufgaben freiwillig zu übernehmen.

An diesem Punkt ist eine methodische Bemerkung angebracht. Während sich die herkömmliche Arbeit von SozialwissenschaftlerInnen mit der Analyse vergangener Entwicklungen befasst, geht es hier vor allem um die Zukunft. Aber wie lassen sich Vorschläge für die Zukunft mit Entwicklungen aus der Vergangenheit verbinden? Unsere methodische Antwort war, dass wir in der Lage sein müssten, Fälle, Beispiele, Fallstudien in Keimform in der Vergangenheit zu identifizieren. Ist das nicht der Fall, wären unsere Vorschläge bloß utopisch (im Sinne der ursprünglichen Bedeutung des Wortes im Altgriechischen: "Ohne Ort", "nirgendwo"). Daher begannen wir an der TU Wien verschiedene gesellschaftliche Teilbereiche nach bereits existierenden alternati-ven Entwicklungen abzuklopfen.

Interessanterweise konnten wir in jedem der wichtigsten Teile des Wohlfahrtsstaates solche Entwicklungen aufweisen: im Bereich der sozial Schwachen und Ausgegrenzten, dem Bildungswesen, dem Gesundheitswesen und der Beschäftigung: "Peer Group Care" als Betreuungseinrichtung für ältere, arme, behinderte Menschen, benachteiligte MigrantInnen, Angehörige von Minoritäten oder sonstige Außenseiter; "Studienzirkel" zur Ergänzung des traditionellen Schulsystems, "Arbeitermedizin" zur Verbesserung des betrieblichen Gesundheitswesens, und "Intrapreneur-Gruppen" gegen die Entfremdung am Arbeitsplatz. Alle vier Gruppen stellen Beispiele dar, wie der Wohlfahrtsstaat ergänzt und transformiert werden könnte.

Peer Group Care

In der Gesellschaft der Gegenwart können wir verschiedene gruppenbasierte Tätigkeiten feststellen. Die Initiative geht dabei teils von religiösen Gemein-

schaften aus (z.B. Caritas), teils von anderen NGOs, die sich um alte Menschen, Drogenabhängige, Obdachlose, MigrantInnen oder Angehörige von Minderheiten annehmen. Hier ist vielleicht ein kleiner empirischer Exkurs angebracht, der zeigt, dass auf der Ebene von MigrantInnen akuter Handlungsbedarf besteht.

Empirischer Exkurs: Fremdenfeindlichkeit in der Europäischen Union

Das Eurobarometer ist ein Meinungsforschungsinstrument der Europäischen Kommission, das seit etwa 30 Jahren zweimal pro Jahr eingesetzt wird. Eurobarometer interviewt jedes halbe Jahr etwa 16.000 Personen (EU-Bürger-Innen) in allen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union. Weil in Deutschland eine besondere Problematik vorliegt, gibt es hierzulande 2.000 Interviews, 1.000 in den neuen Bundesländern und 1.000 in den alten. Diese Befragungen finden regelmäßig statt. Meine derzeitige Arbeitsstelle, die Europäische Beobachtungsstelle für Rassismus und Xenophobie, beteiligt sich seit 1997 alle drei Jahre mit einer Sonderbatterie von Fragen zum Thema Rassismus und Fremdenfeindlichkeit. Im Jahr 2000 ergaben sich folgende Resultate einer Clusteranalyse.

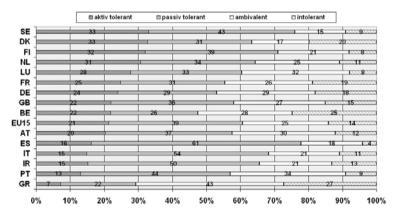


Abb. 3: Eurobarometer 2000 - Toleranz gegenüber Fremden

In Abbildung 3 werden vier Kategorien von Verhaltenstypen ausgewiesen:

- Die Gruppe der aktiv Toleranten (21%) fühlt sich nicht gestört durch MigrantInnen, sondern bereichert, besteht nicht auf Assimilierung, sie fordert eine Politik zugunsten MigrantInnen.
- Die Gruppe der passiv Toleranten (39%) besitzt eine positive Einstellung gegenüber MigrantInnen. Sie fordert kei-

ne Assimilierung, aber unterstützt auch keine spezielle Politik zugunsten von MigrantInnen. Sie verhält sich neutral.

Die Gruppe der Ambivalenten (25%)
fühlt sich durch MigrantInnen zwar nicht gestört, schreibt ihnen aber auch
keinen positiven Effekt auf die Gesellschaft zu. Sie unterstützt Assimilierung.

• Die Gruppe der Intoleranten (14%)

hat eine stark negative Einstellung. Sie fühlt sich durch MigrantInnen gestört. Sie tritt für Assimilierung und für Repatriierung ein ("Alle Ausländer raus!"), besitzt selbst ein geringeres Bildungsniveau und einen niedrigen sozio-ökonomischen Status.

Abbildung 4 geht genauer auf die innerdeutsche Situation ein. Vergleicht man die Gesamtwerte für den deutschen Westen und Osten, bemerkt man kaum signifikante Unterschiede. Auf diesem Aggregationsniveau sind die Toleranten und Intoleranten in Ost und West etwa gleich stark. Sieht man sich aber die Daten nach Altersgruppen näher an, zeigen sich erhebliche Unterschiede, die zum Nachdenken anregen. Während die Jugendlichen im Osten mit 26% doppelt so intolerant wie im Westen (13%) sind, lässt sich bei den älteren Menschen eine genau umgekehrte Situation feststellen: Die Altersgruppe der über 55-jährigen ist im Westen mit 26% viel intoleranter als im Osten (17%).

		intolerant	passiv tolerant	aktiv tolerant	ambivalent	gesamt
West	15-24 Jahre	13	35	29	23	100
	25-39 Jahre	15	30	31	24	100
	40–54 Jahre	14	29	22	34	100
	55+ Jahre	26	25	18	30	100
	gesamt	18	29	24	28	100
Ost	15-24 Jahre	26	30	25	18	100
	25–39 Jahre	18	30	23	29	100
	40–54 Jahre	12	35	22	31	100
	55+ Jahre	17	27	18	38	100
	gesamt	17	30	21	31	100

Abb. 4: Typologie: West- und Ostdeutschland nach Altersgruppen – Eurobarometer 2000

Nach diesem Exkurs zurück zum Wohlfahrtsstaat und zu den Targeted Intelligence Networks. Unser Vorschlag war die Bildung von Gruppen von Freiwilligen, die sich in ihrer Freizeit in ihrem Wohnviertel engagieren. Diese Einrichtung nannten wir "Peer Group Care". Ihre Tätigkeit könnte durch frei-

en Internet-Zugang unterstützt werden. Staatliche Einrichtungen müssen je nach Zielgruppe entsprechendes Training anbieten. Wichtig für solche Gruppen ist der Umgang mit Krisensituationen: Sie müssen Zugang zu den Notdiensten haben, sie müssen die Möglichkeit haben, ihre Klienten, wenn nötig, in öffentliche oder private Krankenanstalten überweisen zu können. Wie könnten die Mitglieder der Peer Groups für ihre Tätigkeit entschädigt werden? Eine Möglichkeit bestünde darin, ihnen die Sozialversicherungsbeiträge zu erlassen, wobei ihnen aber die Leistungen der Sozialversicherung erhalten blieben.

Studienzirkel

Im Bildungswesen identifizierten wir eine Einrichtung, die im Norden Europas schon seit vielen Jahren besteht: Die "Studienzirkel" sind in den skandinavischen Ländern weit verbreitet. Ihr Ursprung geht auf die protestantischen Bibelrunden des 19. Jahrhunderts zurück. Im Unterschied zur römisch-katholischen Tradition, wo die Bibel für private Interpretation nicht offen war und nur die kirchlichen Autoritäten das Recht hatten, die Texte authentisch auszulegen, lud der protestantische Klerus die Gläubigen ein, ihre persönliche Interpretation hinzuzufügen. Eine säkularisierte Version der Bibelrunden wurde von den Regierungen der skandinavischen Länder fortgeführt. Bis heute kann jede Gruppe von Personen, die sich mit einem bestimmten Gegenstand beschäftigen will, bei jeder öffentlichen Einrichtung, sei es bei lokalen oder regionalen Verwaltungen, Kammern oder Gewerkschaften um (be-schränkte) finanzielle Unterstützung ansuchen. Mir wurde gesagt, dass mehr als die Hälfte aller skandinavischen Staatsbürger mindestens einmal im Le-ben einen Studienzirkel besucht hat. Die Internetunterstützung für Studienzirkel hat in den skandinavischen Ländern bereits begonnen⁴.

Soll die Arbeit mit Studienzirkeln nicht wirkungslos verpuffen, ist eine institutionelle Anerkennung durch das formale Bildungswesen und die Schulen nötig. Besonders im Bildungs- und Ausbildungsbereich, wo die Halbwertszeit des Wissens laufend fällt, können neue Wissensbereiche leichter außerhalb als innerhalb der offiziellen Institutionen erschlossen werden. Durch Studienzirkel ließen sich die Grenzen des Lehrplans erweitern. Damit könnte dem Bildungssystem größere Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an neue Entwicklungen verliehen werden.

⁴ Siehe das Arbeitspapier von Lars Karlsson, Study Circles, IPTS Seville, Spain 2000.

Arbeitermedizin

Im Bereich des Gesundheitswesens stießen wir auf eine interessante Entwicklung in Italien: In den 70er Jahren starteten die meisten italienischen Gewerkschaften eine Initiative, um die gesundheitliche Lage in den Fabriken vor allem für die manuellen Arbeiter zu verbessern⁵. Sie erfanden zwei neue Konzepte: Die Idee der "homogenen Gruppe" und das "non delega" Prinzip. Eine "homogene Gruppe" wurde eine Gruppe von Menschen genannt, die am selben Fließband unter mehr oder weniger identischen Arbeitsbedingungen tätig war, und deren Mitglieder sich persönlich kannten. Solch eine Gruppe muss nicht bloß eine interaktive Arbeitsgruppe sein, sondern kann sich auch als politisch bewusste Gemeinschaft formieren, die sich für die Verbesserung ihrer Arbeitsbedingungen einsetzt. Mit der Anwendung des "non delega" Prinzips durchbrachen die Arbeiter die übliche Praxis, in der den Arbeitsmedizinern eine Vermittlerrolle zwischen Arbeitern und ihrer Umwelt zugeschrieben wird. Die homogene Gruppe selbst übernahm die Verantwortung für ihre Gesundheit, wobei sie von der Gewerkschaft mit Lehrmaterialien, aber auch mit Geräten unterstützt wurde, um bestimmte Umweltparameter mit Messinstrumenten zu bestimmen (Vibration, Licht, Staub, Lärm etc.). Die Arbeit der homogenen Gruppen war ziemlich schöpferisch. Neue Konzepte zur Bestimmung von Krankheit und Gesundheit wurden erfunden. Krankheiten wurden etwa nicht nach dem lateinischen Namen gegliedert, sondern nach der Länge der Zeit, die notwenig ist, um sich von der Krankheit wieder zu erholen.

In den 70er Jahren fanden solche Konzepte auch in schweizerischen und bei Teilen der österreichischen Gewerkschaften Interesse, aber sie gingen mit der Wirtschaftskrise der Mitte der siebziger Jahre wieder zugrunde. Heute könnten "arbeitermedizinische Gruppen" durch das Internet verstärkt unterstützt werden. Die Gruppen könnten sich untereinander und mit professionellen arbeitsmedizinischen Ressourcen vernetzen.

⁵ Siehe z.B. Wintersberger, H.: "Arbeitsmedizin in Italien – und in der BRD?" in: Opitz, N. (Hrsg.): Unsere tägliche Gesundheit. Krankheit und Industriegesellschaft, Berlin 1981; Dörr, Gerlinde, und R. Klautke, Gesundheitsinteresse und Industriearbeit, Aspekte der italienischen Arbeitermedizin, Wissenschaftszentrum Berlin 1981; Wintersberger, H. (1988). Arbeitermedizin in Italien. Eine Kulturrevolution im Spannungsfeld von Arbeit und Gesundheit. Berlin: Sigma.

Intrapreneur-Gruppen

Als letztes Beispiel, das den Wohlfahrtsstaat unterstützen könnte, soll eine Entwicklung angeführt werden, die etwa zur gleichen Zeit in den USA und in der Sowjetunion aufkam, natürlich unter völlig verschiedenen Randbedingungen. Während in den USA die Intrapreneur-Gruppen als kleinere Produktionsund Verrechnungseinheiten angesehen wurden, die auf eigene Rechnung, aber mit kleinem Overhead arbeiten können, wurden die sogenannten "Brigaden" Gorbatschows als mehr oder weniger selbstbestimmte Teileinheiten des staatlichen Produktionssystems betrachtet, die vertraglich an den Staatsbetrieb gebunden waren⁶. Hier soll eine Erweiterung beider Konzepte vorgeschlagen werden: Intrapreneur-Gruppen sollten nicht nur innerhalb ihrer Unternehmung ihre Güter und Dienstleistungen auf eigene Rechnung anbieten können. Um das Ausgeliefertsein an den eigenen Betrieb zu reduzieren, wäre es durchaus vorstellbar, dass Intrapreneur-Gruppen ihre Waren oder Dienste nicht nur an den eigenen Betrieb, sondern auch an andere Unternehmungen verkaufen können. Dadurch würde sich die Verhandlungsposition der Intrapreneur-Gruppen gegenüber der "Mutterfirma" drastisch ändern. Auch die Produktionsmittel könnten an die Intrapreneur-Gruppen tendenziell entweder geleast oder verkauft werden. An die Stelle einer vielstufigen Unternehmenshierarchie könnte teilweise der Markt treten, die Zahl der Hierarchiestufen könnte reduziert werden, die traditionelle Ausgrenzung der Belegschaft von Managemententscheidungen könnte abgebaut werden. Die Zahl der Menschen, die an Entscheidungen beteiligt sind, wüchse enorm. Die Menschen kämen verstärkt in die Lage, ihre Probleme selbstbestimmt lösen zu können (und zu müssen). Sie würden direkt das Ergebnis ihrer eigenen Entscheidungen und ihrer eigenen Tätigkeit erfahren, was u. U. auch die Arbeitsproduktivität erhöhen könnte. Gleichzeitig könnten sich die Unternehmen rascher an geänderte Marktbedingungen anpassen. Die Einstellung von weiterem Personal würde erleichtert werden. Die Intrapreneur-Gruppen könnten zusätzliches Personal aus ihrer eigenen Nachbarschaft rekrutieren, wobei eine Querverbindung zur oben erwähnten Peer Group-Betreuung hergestellt wäre. Ausbildungsmängel ließen sich durch Studienzirkel beheben. Der Einsatz von I&K-Technologien wäre für Intrapreneur-Gruppen eine Selbstverständlichkeit, müssten sie sich doch an einem globalen Markt orientieren.

⁶ Saslwaskaja, T., Die Gorbatchow-Strategie, Orac, Wien 1989, p. 117

Schlussbemerkung

Die obigen Beispiele sollten zeigen, dass es nicht unmöglich ist, Targeted Intelligence Networks in der Praxis anzuwenden. Andererseits bin ich nicht so naiv, ihre sofortige Implementierung anzunehmen. Es wird darauf ankommen, wie hoch das Einkommen ist, das den Menschen zur Verfügung steht (ev. in Kombination mit einem Grundeinkommen oder negativer Einkommenssteuer), wie sich die Freizeit entwickelt (bzw. was nach Abzug aller für die Arbeit direkt oder indirekt aufgewendeten Zeit übrig bleibt). Es wird auch vom psychischen Zustand der Bevölkerung abhängen. Wenn die Gesellschaft in der Lage ist, den Menschen das Gefühl zu vermitteln, dass sie in der besten aller möglichen Welten leben, und dass sie sich glücklich und erfolgreich fühlen, braucht es solche Konzepte nicht. Aber mit erhöhter Erfahrung von Krisenerscheinungen, mit verstärkten Stress- und Angstgefühlen könnte sich eine Diskussion um Alternativen entwickeln. Das hier vorgeschlagene gruppenorientierte Konzept könnte in dieser Gesellschaft seinen Platz finden. Es hätte auch einen zusätzlichen Effekt, der mit der direkten Erfahrung der negativen Seiten des menschlichen Lebens zusammenhängt: Die Menschen könnten nicht mehr so einfach die Augen vor den zerstörerischen Tendenzen des Kapitalismus verschließen und deren Bewältigung an die großen gesellschaftlichen Institutionen delegieren, da sie diese tausendfach im Rahmen ihrer persönlichen Erfahrung in den Gruppen unmittelbar erleben würden. Möglicherweise würden sie dann auch ihre Wahlentscheidung stärker an ihrer eigenen Erfahrung ausrichten als an den Traumbildern, die ihnen Spindoktoren vorgaukeln.

Mit einem herzlichen Dank an Herbert Hörz, der mir dieses Denk-Möglichkeitsfeld aufgetan hat, und meinen besten Wünschen zum Geburtstag möchte ich meinen Beitrag schließen.

Heinz Engelstädter

Philosophische Werttheorie und Friedensforschung

Lieber Herbert, liebe Helga, verehrte Kolleginnen und Kollegen, meine Damen und Herren!

"Ich habe als Philosoph gelebt", das waren die letzten Worte von – Giacomo Casanova.

Sie lächeln, meine Damen und Herren! Philosophisch Leben hat eben viele Facetten mit unterschiedlichsten Werten. Ich begrüße Sie zum Thema Philosophische Werttheorie und Friedensforschung und bitte Sie, mir auf diesen wissenschaftlich noch unsicheren Pfad zu folgen.

Du, Herbert, hast Deinen Standpunkt zu Werten schon 1980 in der Schrift über Zufall formuliert: In der Wissenschaft gehe es um die theoretischen Voraussetzungen der bewussten Tätigkeit von Menschen, die sich über ihre gesellschaftliche und politische Organisation vollziehen. Hierzu gehöre die Gesetzeserkenntnis ebenso wie die Bestimmung der Ziele bewussten Handelns, die sich in Werten ausdrücken lassen und zu Normen für unser Handeln führen.

Dann definierst Du Werte als gesellschaftlich relevante Sachverhalte, die das erreichte materielle und kulturelle Lebensniveau der Gesellschaft bestimmen und die Ziele der weiteren Erhöhung angeben. Verhaltensnormen seien demnach Wertmaßstäbe und Regulatoren des Handelns. Und dann schriebst Du wörtlich:

"Da es keine ewigen Werte gibt und Normen veralten können, muss auf Grund der Erfahrungen eine ständige Überprüfung durch die politische Organisation und eine Präzisierung der Werte und Normen erfolgen …

Letzten Endes kann nur die gesellschaftliche Praxis über den Wert unserer theoretischen Vorstellungen entscheiden. Daher ist die bewusste Tätigkeit immer Nutzung theoretischer Erkenntnisse. Auch der gesellschaftliche Prozess muss ständig der theoretischen Analyse unterliegen, weil nur so Voraussetzungen für die bessere Annäherung von Prognose und Resultat, von Plan

und Ergebnis zu erreichen sind." (H. Hörz: Zufall – eine philosophische Untersuchung, Berlin 1980, S. 202)

Zu solchen Aussagen gehörten – wir wissen es alle – Mut und festes Vertrauen in Wissenschaftsphilosophie als interdisziplinäres Projekt. Dieser Ansatz – historischer Charakter von Werten und Erkenntnis ihrer humanen Durchführung – versetzt philosophische Werttheorie aus geglätteten Wertvorstellungen und Idealen, aus Machtansprüchen und Ideologien in die Schroffen der realen sozialen Evolution, aber auch in ihre dissipative Strukturen mit den historisch realisierbaren humanen Chancen des Menschen. Dieser universellen Wertkompetenz bist Du treu geblieben, lieber Herbert, und wir können annehmen, sie hat bleibende Bedeutung, denn die humane Realisierung ist das eigentliche Problem der Werte.

Folgen wir diesem Ansatz, stoßen wir allerdings auf Paradoxien der bisherigen philosophischen Werttheorien. Sie beeinträchtigen bis heute die ganzheitliche Wertung historischer Fakten und der wirklichen Wertverhältnisse von Menschen. Da ist zunächst folgendes zu nennen:

Werttheorien scheuen sich bisher, den Prozess humaner Wertrealisierung in ihren Gegenstand aufzunehmen. Das ist paradox. Seit mindestens 100 Jahren sind eine humane politische Strategie und neue Mittel und Methoden aufzuspüren, um in der sozialen Wirklichkeit Wertverhältnisse herbeizuführen, die menschenrechtlich und völkerrechtlich verantwortbar sind. Diese Aufgabe globaler sozialer Evolution betrifft alle Staaten, Gesellschaftssysteme und Wissenschaften. Dafür ist eine philosophische Werttheorie notwendig, die Werte nicht nur als ideelle Bewertung, sondern als spezifisch humane soziale Wertverhältnisse versteht. Wenn man das begründen will, muss der theoretische rationale Denkrahmen geprüft werden, in dem sich Wertsetzungen von Menschen und Gemeinschaften heute noch bewegen. Wie in jeder Wissenschaft wird es auf diese Weise möglich, die jeweils erkennbaren Paradoxien aufzulösen.

Beispielhaft dafür ist eine Analyse des Friedens. Hier ist die entscheidende werttheoretische Frage besonders deutlich: Welchen realen humanen Wert hat denn der jeweilige Friedenszustand? Versuchen wir, sie zu beantworten.

Friedensdenken entstand, um Kriege zu verhindern oder zu beenden. Dann entstand die Gefahr eines Weltkrieges und damit die globale soziale Aufgabe des Weltfriedens. Thematisiert wurde das damals besonders in Frauen- und Friedensbewegungen sowie unter Wissenschaftlern und Intellektuellen wie der "Gesellschaft für ethische Kultur", die im August 1893, vor 110

Jahren, ihren übernationalen Programmentwurf vorstellte. August Bebel erblickte darin die Gefahr des Pazifismus und hielt sich fern. Auch außerhalb der Arbeiterbewegung fand man noch keinen Grund für eine Theorie und Strategie, die dem veränderten Sachverhalt – Sicherung des Weltfriedens – mit seinen Klassen und Nationen übergreifenden Aufgaben entsprochen hätte. Umso höher sind die Leistungen aller Friedenskräfte zu werten, die seitdem erbracht wurden, trotz unvergleichlicher Opfer und Niederlagen.

Heute ist es erwiesen, dass sich Werttheorie wie Friedensforschung einer Aufgabe zu wenig gewidmet haben: der Situation nach einem Krieg. In jedem Friedenszustand haben Fragen der materiellen Versorgung der Bevölkerung gleiches Gewicht wie Wertsetzungen, die in solchen historisch bedeutsamen Phasen ihrer humanen Durchführung harren. Wir kennen das alle aus der Nachkriegszeit und dem kalten Krieg. Erst die humane Kultur eines Friedenszustandes erlaubt seine menschenwürdige Gestaltung und macht ihn dauerhaft. Friedensforschung hat folglich nicht nur zwischenstaatliche, sondern auch innerstaatliche materielle und ideelle Beziehungen zum Gegenstand, Völkerrecht und Menschenrechte sind in der zentralen Aufgabe des Friedens untrennbar miteinander verflochten.

Diese Erfahrung hat Gültigkeit für jedes Ende von bewaffneter Gewalt und Terror, für jeden Friedenszustand. Frieden ist damit nicht nur negativ als Waffenstillstand bestimmt, sondern als positiver Friede. Darauf hat Johan Galtung, einst Generalsekretär der UNO, schon vor fast einem halben Jahrhundert aufmerksam gemacht. Noch immer ist das in der Welt nicht verstanden worden, wie die Situation im Irak erneut zeigt. Doch diese Wahrheit ist schon für Prävention unerlässlich.

Theoretisch ist offen, mit welchen komplexen Maßnahmen heute ein Friedenszustand perspektivisch sinnstiftend ist. Wir wissen nur, dass er nicht halten kann, wenn Humanes nicht systematisch gefördert wird, sowohl in den inneren Verhältnissen eines Staates wie seinem Arbeitsmarkt, als auch in seinen Außenbeziehungen. Andernfalls wird die Wertebalance zersetzt, die für ökonomische Reproduktion und soziale Evolution nötig ist.

Humane moralische Ambitionen und Verantwortung sind hier von unschätzbarem Wert, seien sie von Politikern oder Wissenschaftlern, von staatlichen oder nichtstaatlichen Organisationen und Bewegungen getragen. Doch der beste moralische Impetus allein reicht nicht aus. Moral ist, was freiwillig geschieht und nicht den jeweiligen Siegerinteressen folgt, die gegenwärtig entscheiden, in welchem Umfang sich humane Wertverhältnisse eines Friedenszustandes erreichen lassen.

Hoffnung auf humanere Wertverhältnisse in der Welt ist berechtigt und notwendig, denn sie würden jedem Menschen persönliche Sicherheit gewähren und zwar so, dass zugleich das Überleben der Art garantiert ist. Aber ob es gelingt, auf diesen Prozess zuzusteuern, ist heute ungewiss geworden. Schon die Entscheidung von Einzelpersonen kann ihn gefährden, nicht nur die von Gruppen, Netzwerken oder Staatsführungen. Dem kann frühzeitig mit menschenwürdigen ökonomischen und sozialen Mitteln begegnet werden.

Ein solches Vorgehen schließt Rache für frühere Grausamkeiten aus. Das wurde im Westfälischen Frieden von 1648 erstmalig rechtlich vereinbart. Nach einem Jahrhundert von Religionskriegen in Europa erarbeitete man endlich territoriale und religiöse Regelungen, die in einer Reichsverfassung mündeten. Wie schwierig sich das heute noch stellt, zeigt der asymmetrische Konflikt Palästina. Er wird friedlich nur lösbar, wenn der militärisch Stärkere mit menschenwürdigen Vorschlägen auf den Schwächeren zugeht und auch dieser Bereitschaft zur Versöhnung zeigt. Heutige Friedensforschung und Werttheorie müssen folglich jene spezifisch humanen Wertverhältnisse herausfinden, von denen die widersprüchliche Gestaltung positiven Friedens abhängt.

Dieser Begriff, spezifisch humane Wertverhältnisse, ist neu. Ich schlage ihn vor, um damit menschenwürdige Beziehungen zwischen Menschen und Gemeinschaften zu bezeichnen, die innerhalb der bestehenden sozialen Verhältnisse erreichbar sind. Damit gewinnt man die neue Wertsicht auf gemeinsames Wertepotential und die konstruktiven sozialen Energien, die es freisetzen kann. Das ist die Wertkompetenz des Individuums unserer Zeit, die seine globale humane Verantwortung einschließt.

Es bleibt der Zweifel, ob dieser universelle Wertehorizont in unterschiedlichen Kulturen überhaupt möglich ist. Ich meine ja, sobald man sich dem Wahrheitsgehalt der Werte in der eigenen Wertegemeinschaft und in allen anderen stellt. Diese Normalität fehlt noch. Doch sowohl in Religionen als auch in den verschiedenen werttheoretischen Ansätzen lag stets der Versuch vor, Werthaftes auf eine übergeordnete gedankliche Ebene zu beziehen, die im Alltag Orientierung gibt. Alle diese Versuche konnten aber das Wahrheitsproblem der Werte noch nicht lösen, denn sie führten lediglich zu der einen oder anderen Gewissheit, um mit Popper zu sprechen. Doch auch seine kritisch-rationale Methode allein führt in Wertfragen nicht weiter.

Claude Chabrol, der bekannte französische Regisseur, hilft uns mit folgender Szene: Ein Pärchen sitzt am Küchentisch und isst Omelett. Nach einer Weile fragt sie: "Wie schmeckt Dir denn mein Omelett?" Er darauf: "Phan-

tastisch, Schatz! Noch nie habe ich so was Köstliches gegessen." Na gut, können wir sagen. Der Titel des Films jedoch ist "Die Farbe der Lüge", und wir stutzen. Farben der Lüge begegnen uns überall, im Persönlichen, in Politik und Wirtschaft, in den Medien und selbst in der Wissenschaft.

Nun, vielleicht sollten wir gegebene Wertungen und Handlungsweisen genauer nach ihrem realen humanen Wert befragen, denn selbst die höflichste Form einer Kommunikation kann trügen. Ebenso ihr Inhalt, hier die Bewertung eines Objekts. Und das Objekt selbst verrät uns auch nicht, welches Wertverhältnis zwischen den beiden wirklich besteht.

Diese Sachlage kennzeichnet das offene Wahrheitsproblem in Friedensforschung und philosophischer Werttheorie. Beide stehen angesichts der Individualisierung von Gewaltkonflikten neu vor der Frage, worin der Wert eines Friedens für alle Beteiligten und Betroffenen besteht. Um das herauszufinden, wird der Übergang zu einer veränderten Abstraktionsebene notwendig, auf der sich die Frage nach dem wirklich Menschenwürdigen in der Psyche, im Handeln und in den damit entstehenden realen Wertverhältnissen eines Individuums beantworten lässt.

Interessanterweise hat hier 1946 ein Jurist, Gustav Radbruch, werttheoretische Vorarbeit geleistet. Was Nazi-Strafrichter nach Paragraphen begingen, bezeichnet er als gesetzliches Unrecht. Davon unterscheidet er ein übergesetzliches Recht und stellt es dem Wert jeder formal-juristischen Aufarbeitung eines gesetzlich vorgeschriebenen Unrechts gegenüber. Damit vollzieht er den Übergang auf eine veränderte juristische Gedanken- und Wertebene. Übergesetzliches Recht, das kann nichts anderes sein als das menschenwürdige Rechtsverhältnis aller Beteiligten und Betroffenen zueinander als Weltbürger, wie Kant sagen würde. Der elementare rechtliche Wert wird so als ein spezifisch humanes Wertverhältnis des Individuums zu jedem anderen fixiert. Das ist die Wahrheit universeller Rechtstheorie, der internationale Gerichtshöfe folgen und wir sollten aufhorchen, wenn im offiziellen Grundgesetzkom-Bundesrepublik, dem Maunz/Düring, mentar Neukommentierung geschieht, einschließlich des Artikels 1, der mit dem Satz beginnt: "Die Würde des Menschen ist unantastbar". Robert Leicht von "Die Zeit" fragt zu Recht, wo das hinführen soll und setzt dagegen "Wahret die Anfänge" dieses Rechtsstaates.

Ähnlich erweist sich die menschenwürdige Wahrheit individueller Werte in allen Entscheidungsfeldern als lebenswichtige Aufgabe. Das ist unausweichlich zum Gegenstand einer humanen Werttheorie, der Friedensforschung und der interdisziplinären Wissenschaft geworden. Positiver Frieden

verlangt diese Werttheorie, die den Menschen zum Zentrum hat, der seine Wertverhältnisse human ausbilden und gestalten kann, egal welcher Nationalität, sozialen Gruppe oder Klasse er zugehört.

Das gilt auch für den widersprüchlichen Vorgang der Globalisierung. Trotz ihrer heutigen unwürdigen Formen enthält sie ein entscheidendes soziales Merkmal: Die weitere Vergesellschaftung aller Individuen, die Herstellung ihres universellen ökonomischen Zusammenhangs. Diese Evolution ist überlebenswichtig und daher nicht umkehrbar. Jede Kultur und Wertegemeinschaft wird sich veranlasst sehen, verengte Werthorizonte aufzugeben und in ihrem Wirkungsfeld humane Wertverhältnisse hervorzubringen. Diese Perspektive kultureller Annäherung wird die reale Werteevolution des 21. Jahrhunderts kennzeichnen und einem destruktiven Streit der Kulturen den Boden entziehen.

Nach diesen Überlegungen, die das Wertproblem menschenwürdig handhabbar machen sollen, muss ich auf eine weitere Paradoxie in Werttheorien eingehen. Es ist die nahezu völlige Vernachlässigung des eigentlichen ökonomischen Wertverhältnisses und seines Wirkens in der sozialen Evolution. Paradox, denn schon Aristoteles setzte natürliches Wirtschaften gegen künstliches, d.h. Realproduktion gegen Geldproduktion.

Das entspricht genau dem wahren ökonomischen Wert. Er entsteht, sobald Menschen irgendwo auf der Welt materielle und geistige Güter als lebensnotwendige Gebrauchswerte produzieren, noch bevor Tauschwert und Markt, Geld und Profitverhältnisse greifen. Dieses globale ökonomische Wertverhältnis wirkt selbst dann, wenn Wirtschaften durch Systemunterschiede voneinander getrennt werden oder lediglich im Gewinn ein neuer Weg gesucht wird.

Hier wird immer wieder eingewendet, mit diesem elementaren ökonomischen Wert sei nichts anzufangen, er sei nicht praktikabel. Weit gefehlt, denn auch dieses Wertverhältnis hat seine konkret beeinflussbare Erscheinungsform. Sie besteht in der gesellschaftlichen Arbeitsteilung und ihrem jeweiligen historischen Reifegrad. Deshalb erweist es sich als Illusion, Geld und Markt würden automatisch humane Relationen zwischen Nord und Süd, West und Ost herbeizaubern.

In Wirklichkeit vermag das erst eine menschenwürdige Arbeitsteilung in der Welt. Doch darauf sind weder Marktwirtschaft und Administration noch soziale Bewegungen und Wissenschaften hinreichend konzentriert. Nicht einmal ein "entwickelter Sozialismus" hat sich theoretisch dieser universellen

sozialen Aufgabe gestellt und sie deshalb auch in seinem eigenen Wirkungsfeld nicht menschenwürdig lösen können.

So erfahren wir den wahren ökonomischen Wert noch immer hauptsächlich als Störfaktor. Aber er ist jenes ökonomische Verhältnis, das in der weltwirtschaftlichen Reproduktion und damit in der Weltpolitik auf humane Weise voll wirksam werden kann. Wer das nicht beachtet, deformiert eine Gesellschaft und jede gesunde soziale Evolution. Die Teilungen der Arbeit – der eigentliche ökonomische Wert – bilden auf Dauer das einzige sozial sichere Fundament humaner Kultur. Sie entscheiden über die Arbeitsplätze, die durch neue Teilungen zwischen geistiger und körperlicher Arbeit bei einer Nation, in ganzen Regionen und im Lebensschicksal der Menschen entstehen.

Begriffe wie Risikogesellschaft, Zivilgesellschaft, Wissensgesellschaft u.a. gehen an diesem Sachverhalt vorbei. Daher bestehen die unterschiedlichsten Vorstellungen, wie humaner Wandel im Leben von Staaten, Kulturen und Individuen vollzogen werden kann. In Wirklichkeit entscheidet das elementare ökonomische Wertverhältnis über das Schicksal jeder Politik und aller Bemühungen, die soziale Situation der Menschen zu verbessern. Erst eine Wertkompetenz, die den ökonomischen Wert einschließt, wird fähig, menschenwürdige Strategien und humane Kooperation der Weltwirtschaft und Weltpolitik zu entwickeln.

Das käme einem qualitativen Wandel in den Beziehungen von Ökonomie und Politik gleich. Ökonomischer Wert und menschenwürdige Arbeitsteilung würden im Dialog der Kulturen den Platz erlangen, der ihnen längst zukommt und Politik selbst würde zu ihrem realen humanen Wert finden. Um soziale Konflikte menschenwürdig zu bearbeiten, muss vor allem der humane Reifegrad der Arbeitsteilung beeinflusst werden. Wirklich Humanes in der sozialen Evolution, in Weltwirtschaft und Weltpolitik, lässt sich nicht anders gestalten. Man bleibt sonst in der Situation eines Kapitäns, der unaufhörlich gegen den historischen Wind kreuzt, obwohl er bessere See- und Wetterkarten haben könnte. Der wahre ökonomische Wert ist weltweit das Fundament für humanes Wirtschaften und den eigentlichen politischen Wert des Regierens. Realistische philosophische Werttheorie muss dies in ihre interdisziplinäre Ganzheit einschließen.

Theoretisches Verständnis von Werten als spezifisch humane Wertverhältnisse hat folglich eine sehr weitreichende gesellschaftstheoretische und politisch-strategische Bedeutung, besonders jetzt, da die grundlegenden sozialen Verhältnisse des Kapitalismus auf nicht absehbare Zeit erhalten bleiben und sich weiter ausbreiten. Aber es ist möglich, innerhalb dieser Verhältnisse

allmählich humanere Wertverhältnisse zu erreichen, besonders auf den überlebenswichtigen Ereignisfeldern wie Frieden.

In solchen dissipativen Strukturen der heutigen sozialen Evolution setzen die neuen Kräfte an, die aus allen Klassen und Schichten der Bevölkerung kommen und an Krieg und Gewalt nicht interessiert sind. Sie sind die Träger der humanen sozialen Energien, die weltweit positiven Frieden fördern. Das hat Konsequenzen für die politische Strategie aller sozialen Kräfte und für einen neuartigen demokratischen Wettbewerb um reale humane Wertverhältnisse.

Diese Strategie menschenwürdiger Globalisierung fußt auf kulturellen Zentren in der Welt, die gegen das Denken in Empires und extremistische Ideologien gerichtet sind. Hier verändert sich sehr viel und zwingt zu differenzierter inhaltlicher Auseinandersetzung. Da erlangt in den USA neokonservative Ideologie entscheidenden Einfluss. Naturwissenschaftliche Begründung des Islam findet neuerdings auch in Deutschland Verbreitung. Wertsetzungen und Strategie der neuen Rechten überschreiten Nationalstaaten, rechnen mit Moslems gegen die USA und versuchen Friedensinitiativen und andere humane Bestrebungen für ihre Zwecke zu nutzen.

Die Theorie humaner sozialer Wertverhältnisse steht dem in allen Lebenssphären entgegen. Die Spezifik dieser Verhältnisse besteht in ihrer menschenwürdigen wert- und normsetzenden Wirkung in beliebigen anderen sozialen Verhältnissen, in denen sich Menschen bewegen. Innerhalb dieser Verhältnisse wirken sie als spezifisch humane Wertverhältnisse, d.h. als wahrer ökonomischer, politischer usw. Wert, der konkret-historisch auf humane Weise erreichbar ist.

So erschließen sich alle Wertverhältnisse in ihrem widersprüchlichen sozialen Inhalt und in Übergängen, die menschenwürdig werden – Übergänge des Guten und Bösen im Menschen, im Wert und Unwert seines Verhaltens, in seinem menschwürdigen und menschenwidrigen Handeln. Philosophische Werttheorie erreicht so die widersprüchlichen Ereignisfelder der sozialen Evolution als kulturelles Ganzes und ermöglicht jedem Menschen umfassendere Wertkompetenz in den Entscheidungen seines Lebens.

Das ist allerdings nicht zu erreichen, ohne mehr kreatives Denken zu kultivieren. Das ist ein kompliziertes Problem, denn in unserer geistigen Kultur herrscht deduktiver Denkstil vor. Mit Hilfe von Axiomen und Prinzipien erfasst er das sinnlich-gegenständlich Gegebene und fixiert die nächsten operativen Schritte, auch in der Theoriebildung. So wurde er in allen Ereignisfeldern und in den Wissenschaften überaus erfolgreich.

Trotzdem ist ein Ausschließlichkeitsanspruch nicht berechtigt, der auch in der Philosophie verschiedentlich erhoben wird. Denn kreativer Denkstil ist demgegenüber gekennzeichnet durch Übergänge zu veränderten Abstraktionsebenen, die zu völlig neuen Theorien führen. Dies sind ausschließlich geistige Vorgänge, die zur Erkenntnis realer Verhältnisse führen, die sinnlich-gegenständlich nicht wahrnehmbar sind. In diesem Sinne formulierte Wolfgang Eichhorn neulich zu Recht: wir sollten wieder spekulieren lernen.

Vorwiegend deduktiver Denkstil wird dem nicht gerecht. Selbst Immanuel Kant hielt in der "Kritik der Urteilskraft" schöpferische Handlungen für unmöglich, wenn sie ausschließlich dem Willen entspringen. Auch ein Genie könne nicht beschreiben oder wissenschaftlich anzeigen, wie es sein Produkt zustande bringe, geschweige denn andere Hinweise erteilen, um analoge geistige Produkte hervorzubringen.

Dieser apriorische Vorbehalt beeinträchtigt bis heute den Fortgang der Theorie von Verhältnissen in Natur und Gesellschaft und folglich umfassendere rationale Wertkompetenz in Politik und Wirtschaft, in den Medien und im Alltagsleben. Im Unterschied zu Erscheinungen sind Verhältnisse nur willentlich zu erkennen, in einem kreativen Denkprozess, der von der einen Gedankenebene zu einer anderen aufsteigt und so exaktere Theorie und bessere Entscheidungskompetenz ermöglicht, besonders bei minimalen Veränderungen, die nicht sofort nachweisbar werden.

Das trifft auf naturwissenschaftliche Erkenntnis genauso zu wie auf sozial- und geisteswissenschaftliche. In unserem Fall ist es der gedankliche Übergang von Werten als ideell-psychische Handlungsorientierungen zu ihrem Verstehen als reale humane Wertverhältnisse. Diese kreative Theoriebildung erfolgt ausschließlich im abstrakten Denken, doch ihr Erkenntnisgewinn ist auch im alltäglichen Denken einsehbar.

Deduktiver Denkstil hingegen bewirkt im günstigsten Falle humane Aufklärung wie bei Kant. Deren soziale Wirkung bleibt ambivalent. Als Dialektik der Aufklärung wurde das erkannt, aber nicht zur Erkenntnis realer humaner Wertverhältnisse geführt. Diese neue Gedankenebene der Wert- und Sozialtheorie steht noch aus und deswegen wird der Ruf nach einer neuen Aufklärung verhallen, wenn er nicht zugleich Aufruf einer neuen Renaissance wird. Denn diese hat den kreativen Denkstil der Antike in der geistigen Kultur Europas neu verankert und damit unvergleichliche Leistungen erzielt.

Die Tradition kreativen theoretischen Denkens, das völlig neue Gedankenebenen anvisiert, ist noch nie zusammenhängend untersucht worden, weder philosophisch, historisch und sozialtheoretisch, noch wissenschafts- oder bildungstheoretisch. Wir haben hier das Erbe eines "klugen" Idealismus vor uns, das in seinem Streben nach Wahrheit einem "klugen" Materialismus begegnet, dessen Vertreter kreative ideelle Evolution nicht unterschätzen. Diese Linie kreativen Denkens setzt in Europa deutlich mit Sokrates und Platon ein, führt auf Nikolaus von Kues und weiter zu Leonardo, Kepler, Leibniz, Gauß, Riemann, Cantor und anderen, die aristotelische Logik und euklidische Geometrie gedanklich überschritten.

Dieser Akzent auf kreativen Denkstil zur Erkenntnis realer Verhältnisse hat grundsätzliche Bedeutung für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt und humane Lebensmöglichkeiten jedes Menschen. Bildung und Weiterbildung tragen dem jedoch kaum Rechnung. Was erfährt ein Schüler oder Student darüber, wie es zu neuen Theorien kommt? Wie soll er zu kreativem Denken geführt und begeistert werden, wenn sein Denken und Entscheiden im Gegebenen versandet, das zwischen 0 und 1 sortiert und damit wahrscheinlich auch kontroverse Wahrnehmung der Wirklichkeit und anderer Menschen begünstigt? Werte können dann sehr schwer als ein Verhältnis auch zu sich selbst erkannt werden. Die vielfältigen Übergänge zwischen Theorien, Kulturen und Lebensphasen bleiben weitgehend verschlossen.

Hier hast Du, liebe Helga, mit Deinen Ideen über humane Leistungen eines Bildungswesens andere Akzente gesetzt. Denn es geht auch anders. Ich denke an meine Schulzeit in einem Realgymnasium, mathematischer Zweig, Abitur 1950. Lehrer mit humanistischer Bildung und unser Interesse an neuen Fakten und Sachverhalten ließen in dieser Klasse eine erstaunlich kreative, interdisziplinäre Atmosphäre entstehen. Jeder hatte ein geistiges oder experimentelles Hobby, es gab ständig Diskussionen darüber, innerhalb und au-Berhalb des Unterrichts. Unser Deutschlehrer erfüllte den Lehrplan der 11. Klasse anhand von "Faust" und Korff "Geist der Goethezeit". Ein Jahr las er darüber. Alle lernten freiwillig Stenografie, wohlgemerkt in der Matheabteilung. Welch eine Vorbereitung auf das Studium. Aus den 22 Jungen und damals leider nur einem Mädchen dieser Klasse sind 4 Professoren, 7 Doktoren und 5 Diplomingenieure hervorgegangen, d.h. mehr als zwei Drittel für Wissenschaft und ihre Anwendung und alle in Arbeit. Darin, in der Förderung einer kreativen geistigen Kultur des Individuums, sehe ich die Hauptaufgabe jeder Reform in Bildung und Weiterbildung.

Die Schlussfolgerung aus diesen Überlegungen ist, Werte als spezifisch humane Wertverhältnisse zu verstehen, die jedem Individuum eine geistige und soziale Kreativität ermöglichen, die menschlicher Würde gerecht wird. Keine Aktionssphäre eines freien Individuums ist hier ausgenommen. Sein

Wille entscheidet über die realen Wertverhältnisse, die es eingeht und dafür trägt es auch persönlich Verantwortung. Diese Bestimmung schließt das Verhältnis des Menschen zu sich selbst ein, das wegen der neuen Beziehungen zwischen geistiger und körperlicher Arbeit für jeden sehr schnell an Bedeutung gewinnt.

Humane Werte sind demnach etwas Schöpferisches in der sozialen Evolution. Als reale Wertverhältnisse erlauben sie einem Menschen Orientierung in allen seinen sozialen Verhältnissen, sei es in Partnerschaft und Familie, in Arbeit und Wirtschaft, in Staat und Politik, in der Wissenschaft und in Kultur im weitesten Sinne. Darin besteht die Spezifik der Werte als humaner sozialer Verhältnisse.

So treiben uns unsere Leidenschaften zu immer neuen Eroberungen im Revier der Wissenschaftsphilosophie als interdisziplinäres Projekt, so manchen Widrigkeiten zum Trotz. Das "philosophische" Leben unseres verehrten Giacomo Casanova entlockt uns insgeheim vielleicht einen Seufzer entgangener Freuden. Nur: Wer sich wie wir dem Geistigen verschworen hat, der erfährt selbst in späteren Jahren Klärungen, intellektuelle Erhellung und Überraschung. Sie sind Teil unseres Daseins.

Wie bist Du da, lieber Herbert, in vollem Safte.

Meine Damen und Herren, ich danke Ihnen.

Biopsychosoziale Einheit Mensch – Konsequenzen für die moderne Psychotherapie

Sehr geehrter Jubilar, lieber Prof. Herbert Hörz, liebe Frau Prof. Helga Hörz! Verehrte Anwesende!

Es ist mir eine große Ehre, vor Ihnen anlässlich dieses so wichtigen Ereignisses sprechen zu können.

Ich gratuliere Ihnen, Prof. Hörz, zu Ihrem Jubiläum und wünsche Ihnen auch für die neue Dekade viel Schaffenskraft, gute Gesundheit, wissenschaftliche Anerkennung und Zufriedenheit sowie viele glückliche Jahre an der Seite Ihrer Frau Helga, der Kinder und Enkelkinder.

Es steht mir fern, das wissenschaftliche Gesamtwerk von Prof. Hörz in seiner Gesamtheit ansprechen und würdigen zu wollen. Dazu gibt es kompetentere Rednerinnen und Redner.

Ich möchte zu der Bedeutung des "bio-psychosozialen" Ansatzes in der Persönlichkeitstheorie und deren praktischer Relevanz für die Psychotherapie sprechen. Mir ist bewusst, dass ich dabei nur einen kleinen Ausschnitt aus dem wissenschaftlichen Werk von Herbert Hörz anspreche, auf dem er richtungsweisend tätig war und ist.

Doch lassen Sie mich zuvor eine Vorbemerkung machen.

1. Vorbemerkung: Wie "unheimlich" sind wir uns als Ost- und Westdeutsche?

Ich spreche zu Ihnen als ein marxistischer Psychotherapeut, der seine biographischen und politischen Wurzeln in der Alt-BRD hat. Der von seinem ersten Beruf Chemielehrer und Sozialkundelehrer ist, der aus persönlicher Erfahrung weiß, was Berufsverbote bedeuten und was Arbeitslosigkeit heißt.

Auch 13 Jahre nach dem Ende der DDR geht mir das Wort "Deutschland" anstelle von "BRD" oder "DDR" noch immer nur schwer von den Lippen. Aber nicht deshalb, weil "Die Deutschen einander unheimlich sind", wie es

vorgestern in einem Artikel der "Ärzte Zeitung" hieß. Dort findet man diese Meldung:

"Ost- und Westdeutsche sind einander 13 Jahre nach der Wiedervereinigung unheimlich. Diese Ansicht vertritt der Wetzlarer Psychoanalytiker Jürgen Hardt.

"Unbewusst spüren Ost- und Westdeutsche, dass sie irgendwie anders, aber eigentlich genau wie die jeweils andere Seite sind", sagte er in einem Gespräch mit der Deutschen Presseagentur am Rande einer Tagung der Deutschen Psychoanalytischen Vereinigung in Jena. "Das ist ihnen unheimlich." Hardt ist Präsident der Psychotherapeutenkammer in Hessen."

Ich weiß nicht, woher dieser Kollege zu dieser Erkenntnis kommt, vielleicht hat er sich ja zu lange mit Traumdeutungen befasst und sich dabei etwas vergaloppiert.

Für mich, und ich denke für viele linke und marxistische Wissenschaftler der Alt-BRD, trifft etwas anderes zu:

Die Existenz von zwei deutschen Staaten war für uns kein "herzzerrei-Bendes Drama", das seit 1989 "endlich beendet wurde."

Die Existenz einer antifaschistischen, antimilitaristischen und – von ihrem Selbstverständnis her – sozialistischen deutschen Republik, selbst wenn sie nur auf einem Teilgebiet des ehemaligen deutschen Reiches bestand, war für viele von uns eine historische Herausforderung im positiven Sinne.

Dabei ist mir bewusst, dass Fehler und strukturelle Mängel in wichtigen und vielen Bereichen von Ökonomie und Politik das Ende der DDR erleichtert hatten. Die DDR war kein Paradies, sie war aber auch kein "Gefängnis"oder eine "totalitäre, kommunistische Diktatur".

Mit Blick auf den Wissenschafts- und Bildungsbereich waren 40 Jahre DDR in weiten Bereichen beispielhaft. Dazu haben Prof. Hörz, haben seine Frau Prof. Helga Hörz und viele der hier Anwesenden einen entscheidenden Beitrag geleistet.

Wie der Völkerrechtler Hans Kelsen einst formulierte, ähnelte der Anschluss der DDR an die BRD in vielen Aspekten eher einer kriegerischen Unterwerfung ("debellatio") als einer friedlichen Wiedervereinigung, bei der Gleichberechtigung, Pluralismus und Respekt vor den (wissenschaftlichen) Leistungen der DDR-Wissenschaftler und -wissenschaftlerinnen weitgehend auf der Strecke blieben.

Die Liquidierung der DDR als Staat und Wissenschaftsinstitution ist und bleibt aus meiner Sicht ein Verlust für die geistige, wissenschaftliche und akademische Landschaft in Europa.

Ost- und westdeutsche Wissenschaftler könnten und sollten (wenngleich sehr spät) nach den Jahren der "Abwicklung" und der Ausgrenzung der aka-

demischen "Elite" der DDR ein Modell für ein respektvolleres Miteinander im wissenschaftlichen Disput und in der Kooperation praktizieren, für das die Leibniz-Sozietät und ihr Präsident, Prof. H. Hörz, bereits einen hervorragenden Vorlauf und Rahmen geschaffen haben.

Nun aber zu meinem eigentlichen Thema: Das Konzept der "biopsychosozialen Einheit Mensch" und seine Bedeutung für die Psychotherapie.

2. "Suchauftrag" biopsychosoziale Einheit des Menschen

Die Fragestellung der "biopsychosozialen Einheit" des Menschen entwickelte sich bei mir im Zuge meiner Diplomarbeit an der Universität Bonn "Neue Entwicklungen in Diagnose und Therapie der Lese-Rechtschreib-Schwäche (Legasthenie)" (1994). Konkurrierende Legastheniemodelle, so wurde mir bewusst, waren das Resultat der sehr unterschiedlichen Gewichtung der verschiedenen Elemente und Ebenen, die das theoretische Gesamtkonstrukt "Legasthenie" ausmachen.

Die Unzufriedenheit mit den verschiedenen Legasthenie-Modellen führte mich schließlich zu der Frage, ob dem Expertenstreit nicht primär eine strukturelle Konfusion auf der metatheoretischen Ebene zugrunde läge. Allmählich wurde mir klar, dass das unterschiedliche Vorgehen auch in dieser eher randständigen Thematik von den inkomplementären persönlichkeitstheoretischen Standpunkten der beteiligten Fachwissenschaftler(innen) bedingt war.

Die jeweilige Gewichtung des Anatomischen, Psychischen oder Milieumäßigen in der Entwicklungsgeschichte eines Krankheitsbildes bzw. einer pathologischen Auffälligkeit war es letztlich gewesen, die die Blickrichtung auch der einzelnen Wissenschaftler(innen) in der Legasthenie-Kontroverse beeinflusste.

Über die weitere Auseinandersetzung mit aktuellen Modellen der Psychosomatischen Medizin (Th. v. Uexküll & Wesiack 1986 und 1991) bzw. der Verhaltensmedizin und Gesundheitspsychologie (Schwarzer 1990, Reinecker 1990) stieß ich auf verschiedenen Pfaden und Umwegen endlich auf den Begriff des "biopsychosozialen" Ansatzes zur Erklärung von bis dato als "endogen" bezeichneten Krankheitsbildern.

Schließlich führte mich 1993 die zufällige Lektüre einer Rezension (Jantzen 1988) des in der DDR erschienenen Buches von E. Geißler und H. Hörz, "Vom Gen zum Verhalten. Der Mensch als biopsychosoziale Einheit", zu der für mich überraschenden Tatsache, dass in den damals so absolut konträr gegenüberstehenden beiden großen Gesellschaftssystemen, realer Sozialismus

und Kapitalismus, gleiche Termini zur Erklärung eines persönlichkeitstheoretischen Modells verwandt wurden.

Wie war es dazu gekommen?

1985 hatten Herbert Hörz und die Redaktion der "Deutschen Zeitschrift für Philosophie" die Initiative für ein interdisziplinäres Forschungsprojekt "biopsychosoziale Einheit Mensch" ergriffen.

Dieser neue Ansatz war im Verständnis von Hörz ein "Such- und Forschungsauftrag" um den Menschen in seiner ganzen Komplexität besser erforschen und verstehen zu können.

Der Mensch sei zu verstehen in seiner Einheit als Naturwesen, Verstandeswesen, Gestaltungswesen, Sozialwesen und Moralwesen. Daraus leitete H. Hörz folgende Definition ab:

"Der Mensch ist seinem Wesen nach a) Ensemble der konkret-historischen gesellschaftlichen Verhältnisse, in der b) Einheit von natürlichen und gesellschaftlichen, materiellen und ideellen, rationalen und emotionalen, unterbewußten, unbewußten und bewußten Faktoren in individueller Ausprägung, das c) bewußt seine Existenzbedingungen immer effektiver und humaner gestaltet." (Hörz 1988, 10)

Dies waren neue, unbekannte Töne im marxistischen Diskurs über Probleme der Persönlichkeitstheorie.

Das bis dahin vorherrschende Verständnis vom Menschen innerhalb der marxistischen Persönlichkeitstheorie war lange stark geprägt durch eine enge und verabsolutierte Interpretation der berühmten "6. These über Feuerbach" von Karl Marx.

Danach ist das "menschliche Wesen als das Ensemble der gesellschaftlichen Verhältnisse" zu verstehen.

Lange war in der DDR unter den verschiedenen Human- und Sozialwissenschaften dieser Satz wie eine Art Dogma behandelt worden.

Dank der Initiative von H. Hörz und seiner Kolleginnen und Kollegen entwickelte sich in den 80er Jahren an der Akademie der Wissenschaften der DDR, an der Humboldt-Universität (hier vor allem Prof. K.-F. Wessel) sowie an der Akademie für ärztliche Fortbildung (Prof. Rolf Löther) im Rahmen einer breit angelegten interdisziplinären Langzeitstudie zur Thematik der "biopsychosozialen Einheit Mensch" eine äußerst produktive Arbeit, die zu einer Neufundierung der materialistischen Persönlichkeitstheorie und des marxistischen Menschenbildes führen sollte (bzw. hätte führen können).

3. Problemrelevanz des biopsychosozialen Ansatzes

Die Problemrelevanz des biopsychosozialen Ansatzes sollte sich mir im Verlauf meiner Dissertation "Marxistische Persönlichkeitstheorie und die 'biopsychosoziale Einheit Mensch'. Studie zur Entwicklung des Menschenbildes in der DDR." (Universität Bremen, 2002) noch umfassender erschließen.

Ich nenne einige Bezüge:

- Haben nicht wissenschaftlich ernst zunehmende politische und philosophische Diskussionen über die möglichen Ursachen des abrupten Endes des realen Sozialismus in Europa, und nicht nur die stammtischähnlichen Parolen wie "Marx ist tot! Christus lebt!" immer wieder die Frage aufgeworfen, welchem Persönlichkeits- und Menschenbild die marxistische Theorie sich verpflichtet fühlt(e)?
- War bzw. ist "der Mensch" aufgrund seiner besonderen Persönlichkeitsund Bedürfnisstruktur "strukturell unfähig" für die Verwirklichung der Marxschen "Utopie" von einer ausbeutungsfreien Gesellschaft?
- Hat gar der Marxismus als Theorie (und nicht erst in seinen diversen staatspolitischen Umsetzungsmodellen) eo ipso "versagen müssen", weil in ihm die "anthropologische Dimension" gegenüber dem Soziologischen überbetont wird?

Die Relevanz einer erneuten Diskussion um ein ganzheitliches Persönlichkeitsmodell ergab und ergibt sich für mich aber auch aus der eigenen Ausbildung als Psychologe, Pädagoge und praktizierender Psychotherapeut.

Notwendig erscheint mir z.B. ein vertieftes Nachdenken über das Persönlichkeitsbild, das Begriffen wie "Menschenführung", "Managementtraining", "psychologische Bewerbungsstrategien", "assessment center", ja auch "psychologische Kriegsführung", usw. zugrunde liegt.

Und ist nicht auch die Frage zu stellen, welches Persönlichkeits- und Menschenbild einer Psychotherapie zugrunde liegt, die oftmals blind für die Frage nach ihrer gesellschaftlichen Verwertbarkeit und Verantwortung erscheint?

Diese hier nicht zu beantwortenden Fragen sollen nur skizzieren, welche wissenschaftstheoretische, philosophiegeschichtliche aber auch gesellschaftspolitische Problemrelevanz mit einer Thematik wie dem "biopsychosozialen Modell" verknüpft ist.

4. Geschichtswissenschaften und die "universelle Geschichtlichkeit"

des Menschen

Bemerkenswerte und zum Teil widersprüchliche Beiträge zu einem ganzheitlichen Menschenbild liegen bereits seit geraumer Zeit von verschiedenen Einzelwissenschaften vor.

So hat, was nicht sofort nahe liegend erscheinen mag, auch die Geschichtswissenschaft wichtige Anregungen geliefert.

Wenn Golo Mann in seinen geschichtsphilosophischen Abschlussbemerkungen zur großen "Propyläen Weltgeschichte" über die "Aufklärung und ihre Grenzen" nachdenkt und – Adornos und Horkheimers "Dialektik der Aufklärung" verwerfend – die Unvollkommenheit allen aufklärerischen Tuns nicht nur feststellt, sondern dies sogar für historisch unumgänglich hält, dann liegt dem auch ein spezifisches, ganzheitliches Persönlichkeits- und Menschenbild zugrunde.

Diese "Ganzheitlichkeit" besteht nach Mann vor allem in der universellen Geschichtlichkeit des Menschen. Dieser Historizismus führt bei Mann zu einem strukturell skeptischen Urteil über die Perspektiven der weiteren menschlichen Entwicklung. Mann verweist zur Rechtfertigung seines Geschichtsskeptizismus auf den nach Kant schier ausweglosen, ja antagonistischen Konflikt, wonach der Mensch zwar einerseits danach strebe, sich aus seiner "selbst verschuldeten Unmündigkeit" durch die Ideale der Aufklärung zu befreien. Andererseits unterliege der Mensch als Individuum in der bürgerlichen Gesellschaft unvermeidlich und geradezu naturnotwendig dem Recht des Stärkeren und der Fremdbestimmung.

Golo Mann wendet den Geschichtsskeptizismus Kants gegen die "triumphale Gewißheit" von Karl Marx, "der mit wissenschaftlicher Sicherheit die letzte und größte, die proletarische Weltrevolution vorausgesagt hatte, danach aber ewigen Frieden in Freiheit und Wohlstand." (Mann 1986, S. 633)

G. Mann irrt, wenn er Marx als Verkünder einer Art irdischen Paradieses ansieht. Dazu war Marx viel zu sehr Realist und empirischer Wissenschaftler. Nicht Geschichtsteleologie, sondern Geschichtsoptimismus, Parteilichkeit für einen revolutionären Humanismus und wissenschaftliche Objektivität leiten Marx. Marx' Zukunftsoptimismus speist sich aus einem weit realistischeren und differenzierteren Menschenbild als G. Mann vermutet, nämlich auf seiner Selbsterkenntnis als eines natürlichen Wesens in seiner dialektischen Einheit mit den gesellschaftlich und historisch gewachsenen und geprägten äußeren Lebensumständen.

5. Psychotherapie im Spannungsfeld persönlichkeitstheoretischer

Klärungsprozesse

Richtungsauseinandersetzungen und -entscheidungen in der philosophischen und psychologischen Persönlichkeitstheorie besitzen jedoch nicht nur rein wissenschaftliche Bedeutung.

Sie nehmen unmittelbar Einfluss z. B. auf die Entwicklung psychologischer Diagnostik und Psychotherapie und damit auf den Umgang mit vielen tausenden Menschen, die praktische Lebenshilfe suchen. Und das kann in einem Irrweg enden.

C. F. v. Weizsäcker hatte in seiner 1971 erstmals erschienenen Arbeit über "Die Einheit der Natur" (Neuauflage als Taschenbuch 1995) über die moderne Psychologie folgendes Urteil gefällt:

Sie sei die "vielleicht zerstrittenste" unter den Wissenschaften.

"Auf verschiedenen Straßen ziehen die Heerhaufen zu diesem Schlachtfeld. … überall hier liegt ein von den ersten Entdeckern genial aufgespürter reeller Erfahrungsbereich zugrunde, der zugleich schon die Meister und noch mehr die Gefolgsleute zu dogmatischen Verallgemeinerungen verführt.…

Der Kern des Problems ist wohl, dass unsere Zeit, deren zentrales moralisches Anliegen mit Recht unter dem Namen Menschlichkeit formuliert wird, keine Antwort auf die Frage bietet: "Was ist der Mensch?" Wissenschaftlich gesagt, besitzen wir keinen integrierenden anthropologischen Ansatz."(S. 28)

Man muss diese Bestandsaufnahme vom Ende der 60 Jahre nicht teilen und könnte sie auch als "veraltet" abtun. Jedoch auch die gegenwärtigen öffentlichen Auseinandersetzungen um die Effektivität der Psychotherapie machen deutlich, dass v. Weizsäckers Zustandsbeschreibung aktuell geblieben ist.

Angestoßen wurde die neue wissenschaftliche und publizistische Kontroverse Mitte der 90er Jahre durch die von Grawe et al. veröffentlichte umfangreiche empirische Therapie-Erfolgskontrollstudie. Sie ist durch die starke Medienresonanz auch einer breiten Öffentlichkeit bekannt worden. Die dort geführte Auseinandersetzung über Effektivität der verschiedenen psychotherapeutischen Schulen widerspiegelt die im Hintergrund laufenden jahrzehntelangen persönlichkeitstheoretischen Debatten von Philosophen, Psychologen, Biologen, Soziobiologen, Anthropologen, Biochemikern, Ethnologen und Ethologen. Ohne diesen Bezug wäre die breite Resonanz auf diese Studie nicht verständlich.

Ich will und kann hier nicht Details dieses umfangreichen Werkes erörtern. Grawe und sein Mitarbeiterstab haben über 13 Jahre Tausende von psychotherapeutischen Einzelfallberichten, 897 kontrollierte Therapiestudien und 41 Therapievergleichsstudien aller bekannten psychotherapeutischen Rich-

tungen analysiert, um die heiß umstrittene Effektivität der verschiedenen psychotherapeutischen Schulen und ihrer Behandlungsmethoden zu verifizieren.

Für die persönlichkeitspsychologische und -philosophische Theoriebildung ist bedeutsam, welche metatheoretischen Bezüge die Grawe-Studie erlaubt und selber auch – direkt oder indirekt – hergestellt hat.

6. Forderung nach einer "Allgemeinen" Psychotherapie

Grawes Erfolgsstudie ergab insgesamt den wichtigen empirischen Nachweis von vier allgemeinen Wirkprinzipien und Wirkfaktoren von Psychotherapie, die unabhängig von der jeweiligen "Schule" und den von ihr bevorzugten Methoden und Techniken innerhalb einer Therapie zur Geltung kommen.

- 1. Wirkfaktor: Ressourcenaktivierung
- Darunter ist die Diagnostik und Bewusstmachung von Stärken des Patienten und der Aufbau einer tragfähigen Therapeut-Patientenbeziehung zu verstehen.
- 2. Wirkfaktor: Problemaktualisierung Dabei geht es um das Prinzip der Erfahrbarmachung des Patientenproblems sowie um das bewusste Durchleben seiner Schwierigkeiten.
- 3. Wirkfaktor: Aktive Hilfe zur Problembewältigung Gefordert sind hier konkrete methodische Hilfestellungen und Behandlungstechniken, die das Patientenproblem abbauen.
- 4. Wirkfaktor: Motivationsklärung

Es geht hierbei um die Aufgabe, dem Patienten die Abklärung der Problemursachen und der Behandlungsperspektive nachvollziehbar zu machen.

Mögen diese allgemeinen Wirkprinzipien im einzelnen auch wenig sensationell erscheinen, so liegt doch hier überhaupt erstmals ein abgesicherter Befund über unverzichtbare und tatsächlich wirksame generelle therapeutische Prinzipien vor. Es geht mir vor dem Hintergrund des widersprüchlichen und unbefriedigenden Zustands der Psychotherapie aber in erster Linie um die allgemeineren, metatheoretischen Aussagen der Grawe-Studie.

Für besonders bemerkenswert halte ich, dass Grawe in ungewöhnlich klarer Weise den Zusammenhang zwischen Therapiebedarf, Therapieentwicklung, Bedürfnisstruktur und Bedürfnisentwicklung in ein historischgesellschaftliches Bezugssystem einordnet. Damit nimmt er nicht nur die von N. Elias (1953) formulierte These vom allgemein anwachsenden "Interdependenzniveau" des gesellschaftlichen Zusammenlebens wieder auf, sondern führt diesen Gedanken fort.

Grawe folgt mit seinem "ökologisch-systemischen Ansatz" einem auch schon von U. Bronfenbrenner (1979) vorgezeichneten Weg, selbst wenn er sich nicht direkt auf ihn beruft. Bronfenbrenner steht mit seiner Kritik, dass sich in der Entwicklung der Psychologie die Aufmerksamkeit nur asymmetrisch auf die beiden Elemente Psyche und Umwelt verteilt habe, auf dem Boden der Lewinschen Feldtheorie. Sein "ökologischer" Ansatz will aber die bei Lewin als statische Struktur beschriebene und mehr aus klassifikatorischen Überlegungen eingeführte "Variable Umwelt" durch ein dynamisches Umweltverständnis erweitern:

Grawes Gegenkonzept zur Vielfalt der Therapieansätze macht sich ähnliche Überlegungen wie die Bronfenbrenners zu eigen. Sie münden ein in die Forderung nach einer "Allgemeinen Psychotherapie", die aus allen Schulen "das Beste" herausnimmt und zusammenfügt.

Diese "Allgemeine Psychotherapie" soll auf drei allgemeinen Wirkprinzipien aufbauen:

- 1. "Aktive Hilfe zur Problembewältigung"
- 2. Die "Klärungsperspektive"
- 3. Die "Beziehungsperspektive"

Zusammenfassend betrachtet Grawe diese drei Perspektiven als Dimensionen, die einen Raum umspannen, in dem das psychotherapeutische Geschehen stattfindet. "Es steht nicht im Ermessen des Psychotherapeuten zu entscheiden, welche dieser Dimensionen für seine Therapien relevant sein sollen. Sie sind auf jeden Fall relevant, ganz gleich, was er tut." (S. 784–785)

Es bleibt jedoch offen, auf welche Weise diese drei Dimensionen sich in ihrer Wirksamkeit miteinander verschränken und beeinflussen.

Grawe selbst räumt quasi vorbeugend ein, dass seine Konzeption durchaus "technisch noch nicht perfekt" sei. Dieser technische Eklektizismus sei in der gegenwärtigen Situation zwar vernünftig, aber er sei auf Dauer keine befriedigende Lösung. Er lasse eine in sich konsistente theoretische Grundlage vermissen.

Grawe fordert deshalb auch: "In einer zukünftigen 'Allgemeinen Psychotherapie' sollten der Klärungs- und der Bewältigungsaspekt nicht nur auf der Ebene des technischen Vorgehens miteinander verbunden werden, sondern auch auf theoretischer Ebene." (S. 755)

Eine "Allgemeine Psychotherapie" müsste auf theoretischen Konzepten aufbauen, in denen sich motivationaler und Fähigkeitsaspekt miteinander verschmelzen.

M. E. ist Grawes Ansatz nicht nur ein Plädoyer für einen methodischen Eklektizismus. Seine verdienstreiche und bahnbrechende Studie endet praktisch mit der Forderung nach einem programmatischen Eklektizismus.

Grawe schlägt im Grunde eine Mischung aus solipsistisch geprägter, lebensphilosophisch orientierter psychologischer Feldtheorie im Sinne Lewins und einer modifizierten trait-Konzeption vor.

Diese Mischung ist m. E. jedoch noch nicht geeignet, die Komplexität des Menschen, seine Integration als biologisches Wesen in die Natur, seine unauflösliche Verflechtung mit der Gesellschaft, Kultur und Geschichte zu erfassen und seine individuelle Besonderheit in Ratio und Emotio stringent zu erklären.

Auch Grawes Arbeit macht deutlich, dass bis auf den heutigen Tag der persönlichkeitspsychologischen Modelldiskussion ein integrierender Gesamtansatz fehlt.

7. Psychotherapeutische Praxis und die "biopsychosoziale" Einheit des Menschen

Könnte der biopsychosoziale Ansatz eine solche Alternative sein, oder bietet er zumindest konzeptionell mehr Substantielles als Grawes "programmatischer Eklektizismus"?

Für einen wachsenden Teil klinischer Psychologen und Psychotherapeuten, der sich um die Erarbeitung gesundheitspsychologischer und verhaltensmedizinischer Modelle und Therapieansätze bemüht, bzw. sich in seiner praktischen Tätigkeit daran orientiert, ist dies seit einigen Jahren eigentlich kaum noch strittig.

Kanfer, Reinecker & Schmelzer z.B. hatten dazu eigentlich schon 1991 einen eindeutigen Standpunkt eingenommen. Sie schreiben:

"Psychologische Therapieformen sind implizit oder explizit mit bestimmten Grundannahmen über die "Natur" des Menschen verbunden; solche Annahmen legen bis zu einem gewissen Grad die Suchrichtung der wissenschaftlichen Erkenntnis nahe und sie beeinflussen die prinzipiellen Vorstellungen über Therapieziele im praktischen Handeln." (S. 7)

Die Autoren sprechen sich ebenfalls, wie später Grawe, für einen "Theorien-Pluralismus" aus, weisen aber im selben Atemzug auf die daraus folgenden Schwierigkeiten für die Praxis hin:

Der steile Zuwachs einzelner Befunde mache es für den Praktiker sehr schwierig, zu entscheiden, auf welche empirischen Ergebnisse er sich bei der Behandlung eines Einzelfalles in einem speziellen Kontext stützen sollte. Er bedürfe einer Orientierungshilfe.

Damit solle dem Praktiker eine heuristische Entscheidungshilfe geliefert werden, welche Befunde zur Beschreibung und Erklärung eines Problems eines speziellen Patienten herangezogen werden sollten und welche Methoden geeignet sind, ein therapeutisches formuliertes Ziel bei seinem Klienten zu erreichen.

Die Autoren sprechen damit im Grunde offen aus, dass es eine wertneutrale, "reine Wissenschaft" nicht gibt, sondern dass einer jeden Forschungsrichtung wissenschaftliche und auch philosophische Grundannahmen vorgelagert sind. Damit grenzen sie sich – vielleicht auch unbewusst – vom "main-stream" der wissenschaftstheoretischen Diskussion in der Psychologie, dem "kritischen Rationalismus", ab, indem sie z.B. feststellen:

"Wie jeder wissenschaftliche Ansatz bzw. wie jede therapeutische Richtung basiert auch unsere Selbstmanagement-Therapie auf bestimmten impliziten und expliziten Grundannahmen. Diese betreffen sowohl grundlegende philosophische Vorstellungen bzw. ein bestimmtes "Menschenbild", als auch – daraus abgeleitet – bestimmte praktisch-technologische Schlussfolgerungen. Erst vor dem Hintergrund solcher Basisgedanken werden bestimmte theoretische Modelle und praktische Schritte verständlich und sinnvoll."(S. 8)

Zwangsläufig stellt sich die Frage, nach welchen wissenschaftlichen Kriterien solche Basisannahmen formuliert werden. Die Antwort von Kanfer, Reinecker & Schmelzer lautet:

"In unserem therapeutischen Modell gehen wir davon aus, dass Menschen im Prinzip über einen sehr breiten Bereich von flexiblen Verhaltensmöglichkeiten verfügen. Im Kern allerdings bilden biologische, psychologische und Umgebungsvariablen die Hauptdeterminanten jeglichen Verhaltens. Menschen sind nach unserem Verständnis ein Produkt der biologischen und soziokulturellen Evolution. Innerhalb des biologischen, physisch-sozialen und psychologischen Rahmens gibt es jedoch für menschliches Verhalten (...) durchaus Freiräume für Entscheidungen, für die Wahl zwischen verschiedenen Alternativen und für die Beeinflussung der Determinanten menschlichen Verhaltens." (S. 11–12)

Auch andere verhaltenstherapeutische bzw. verhaltensmedizinische Autoren wie Schwarzer (1990), Ellgring (1990), Reinecker (1988) berufen sich seit nun doch schon geraumer Zeit auf das biopsychosoziale Modell.

In der Gesundheitspsychologie bietet das in den USA von Matarazzo (1980) übernommene bio-psycho-soziale Modell von Gesundheit und Krankheit heute den Rahmen für neue Ansätze in der Forschung zur Therapiemotivation und zur Erarbeitung von Trainingsprogrammen zum Umgang mit Gesundheitsrisiken, der in der Bundesrepublik u.a. in Arbeiten von Haisch/

Zeitler (1993), Haisch (1996), Weitkunat/Haisch/Kessler (1997) zur Anwendung gelangt.

Auch Arbeiten zur Entstehung und Therapie chronischer Krankheiten (u.a.der Neurodermitis) von Petermann, Noeker & Bode (1987), Scheich (1991) und Bochmann (1992), ziehen das biopsychosoziale Modell als Therapieansatz heran. Zunehmend wird der biopsychosoziale Ansatz auch in die psychotherapeutische Praxis überführt.

Schmitz/Fydrich & Limbacher führen in ihrem Überblick über den "Einstellungswandel in der Verhaltenstherapie" (1996, S. 1–23) an, dass seit Miltons "biosozialer Lerntheorie" (1981) ein differenziertes Modell des Wechselspiels von biologischen Faktoren, neurophysiologischen Entwicklungsmöglichkeiten und lernpsychologischen Prozessen besteht, das Grundlage für einen verhaltenstheoretischen Erklärungsansatz für Persönlichkeitsstörungen geworden ist.

Seither hätten sich sowohl die kognitiven wie die verhaltenstherapeutischen Behandlungsansätze weiter ausdifferenziert; dennoch gebe es mittlerweile besonders in der Therapie von Persönlichkeitsstörungen auffallend viele Gemeinsamkeiten. Eine dieser Übereinstimmungen bestehe in folgendem:

"Die Erklärungsmodelle orientieren sich mit unterschiedlichen Akzentuierungen und Differenziertheit in äthiopathogenetischen Vorstellungen an einem bio-psycho-sozialen Störungsmodell und verstehen Persönlichkeitsstö-rungen als Ergebnis biologischer, psychologischer und sozialer Faktoren und Wechselwirkungen." (Schmitz/Fydrich & Limbacher, S. 5)

Auf das biopsychosoziale Modell berufen sich z.B. neue psychoedukative Trainingsprogramme im Rahmen von verhaltenstherapeutisch orientierten Schizophrenie-Therapien. (Vgl. Kiserg/Hornung 1996) Auch im Rahmen der Depressionstherapie und sozialer Phobien bei Kindern und Jugendlichen (Petermann/Petermann 2000) beziehen sich neuere Therapieansätze auf das biopsychosoziale Modell.

Es muss daher etwas verwundern, dass Grawe et al. diesen neuen Erfahrungsbereich aus der Gesundheitspsychologie bzw. aus der Verhaltenstherapie für ihre eigenen metatheoretischen Modelldiskussionen weitgehend ausblenden.

8. Schlussbemerkungen

Die kurze aber intensive Kontroverse unter marxistischen Wissenschaftlern der DDR führte zu einer Überwindung von zu starren und einseitigen alten Formeln bzw. Interpretationen marxistischer Persönlichkeitstheorie. Dieser

schöpferische und wissenschaftstheoretisch äußerst produktive Suchprozess wurde durch das Ende der DDR abgeschnitten und hat – aus meiner Sicht – zu einem unwiderruflichen Verlust an Kompetenz und Erneuerungspotential auf dem Gebiet der Persönlichkeitstheorie und ihrer Anwendung in Diagnostik und Therapie geführt.

Ich hatte anfänglich gesagt, dass H. Hörz das Konzept der "biopsychosozialen Einheit" des Menschen als einen "Such- und Forschungsauftrag" und nicht als ein neues theoretisches Korsett verstand.

Dies ist aus meiner Sicht als praktizierender Psychotherapeut richtig und hilfreich.

Die Komplexität jeder einzelnen Persönlichkeit lässt sich nicht durch ein neues 3-fach gegliedertes Schema erfassen.

Die dialektischen Beziehungen zwischen den Ebenen des Biotischen, Psychischen und Sozialen sind im Einzelfall kompliziert und entziehen sich festen Rastern.

- H. Hörz hat mit all den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der DDR, die an diesem Ansatz gearbeitet hatten, einen ganz wichtigen Denkanstoß gegeben, der weiter zu entwickeln und zu konkretisieren ist.
- H. Hörz hatte in seinem Beitrag für "Vom Gen zum Verhalten", dem ersten Bilanzierungsversuch des Konzepts der "BPSEM", gesagt:

"Man könnte sich die Frage stellen, ob bei der Unterschiedlichkeit der genetischen, biotischen, psychischen und gesellschaftlichen Determinanten der Terminus 'biopsychosoziale Einheit' philosophisch überhaupt gerechtfertigt ist. Dazu ist festzuhalten, dass der Terminus keine Antwort auf die Fragen nach dem Verhältnis von genetischem Programm und gesellschaftlichem Verhalten gibt, wohl aber die Aufforderung enthält, die entsprechenden Bindeglieder zu untersuchen."

Es sei eine "Aufforderung zur Analyse von Beziehungen aber keine Antwort auf die Frage nach dem Wesen des Menschen."

Ich meine: Was kann es besseres für einen Wissenschaftler geben, als dass er nachfolgenden Generationen einen bleibenden Such- und Forschungsauftrag hinterlässt, für den er Grundideen und die Entwicklungsrichtung mit erarbeitet hat?

Dafür meinen Dank und meine Anerkennung, lieber Prof. Herbert Hörz!

Benutzte Literatur

Bochmann, F. (1992). Subjektive Beschwerden und Belastungen bei Neurodermitis (Atopischer Dermatitis) im Kindes- und Jugendalter: Prüfung eines bio-psycho-

sozialen Bedingungsmodells. In F. Petermann: Studien zur Jugend- und Familienforschung, Bd. 10., Frankfurt/M.

- Brenner, H.-P. (1994). Neue Entwicklungen in Diagnose und Therapie der Lese-Rechtschreibschwäche (Legasthenie). Unveröff. Diplomarbeit an der Universität Bonn.
- Brenner, H.-P. (2002). Marxistische Persönlichkeitstheorie und die 'biopsychosoziale Einheit Mensch'. Studie zur Entwicklung des Menschenbildes in der DDR." Bonn
- Bronfenbrenner, U. (1993). Die Ökologie der menschlichen Entwicklung. Natürliche und geplante Experimente. Frankfurt/M.
- Elias, N. (1976). Über den Prozeß der Zivilisation. Frankfurt/M.
- Ellring, H. (1990). Verhaltensmedizin. In Schwarzer, R. (Hrsg.) (1990): Gesundheitspsychologie. Ein Lehrbuch. Göttingen.
- Geißler, E./Hörz, H. (1988). Vom Gen zum Verhalten. Der Mensch als biopsychosoziale Einheit. Berlin /DDR.
- Grawe, K. / Donati, R. / Bernauer, F. (1995) Psychotherapie im Wandel. Von der Konfession zur Profession (4. Auflage). Göttingen.
- Haisch, J. (1996). Gesundheitsrisiken. Wege zur Bewältigung. Heidelberg.
- Haisch, J./Zeitler; H. P. (1993). Gesundheitsdiagnostik und Gesundheitsberatung. In Zeitschrift für Klinische Psychologie, Psychopathologie und Psychotherapie. Heft 3.
- Hörz, H. (1988). Der Mensch als biopsychosoziale Einheit. Wesen, Genese und Determinanten. In Geißler, E./Hörz, H. (1988). Vom Gen zum Verhalten. Der Mensch als biopsychosoziale Einheit, Berlin /DDR.
- Jantzen, W. (1988). Rezension des Buches: Geißler E./Hörz, H.: Vom Gen zum Verhalten. Der Mensch als biopsychosoziale Einheit. In Jahrbuch für Psychopathologie und Psychotherapie IX/1988. Köln.
- Kanfer, F. H./Reinecker, H./Schmelzer, D. (1991). Selbstmanagement-Therapie. Ein Lehrbuch für die klinische Praxis. Berlin.
- Kiserg, A./Hornung, W. P. (1996). Psychoedukatives Training für schizophrene Patienten (PTS). Ein verhaltenstherapeutisches Behandlungsprogramm zur Rezidivprophylaxe. Tübingen
- Mann, Golo (1986). Schlußbetrachtung aus der Sicht des Jahres 1986. In G. Mann (Hrsg.). Propyläen Weltgeschichte. Eine Universalgeschichte. Zehnter Band. Berlin.
- Matarazzo, J. D. (1980) Behavioral health and behavioral medicine: frontiers for a new health psychology. In American Psychologist 35.
- Marx, K. (1969) Thesen über Feuerbach. In Marx-Engels-Werke, Bd. 3. Berlin / DDR. Petermann, F./Noeker, M./Bode, U. (1987). Psychologie chronischer Krankheiten im Kindes- und Jugendalter. München.
- Petermann, F./Petermann, U. (2000). Therapie sozialer Phobien bei Kindern und Jugendlichen. Weinheim.

- Reinecker, R. (1988). Verhaltensmedizin. In Davison, C. & Neale, J. M.: Klinische Psychologie. Ein Lehrbuch. München.
- Reinecker, R. (1990). Lehrbuch der Klinischen Psychologie. Göttingen.
- Scheich, G. (1991). Psychologische und psychoimmunologische Faktoren bei der Atopischen Dermatitis. Unveröff. Diss. Universität Marburg.
- Schmitz, B./Fydrich, T./Limbacher, K. (1996). Diagnostik und Psychotherapie bei Persönlichkeitsstörungen: Eine Einführung. In Schmitz, B./Fydrich, T./Limbacher, K.: Persönlichkeitsstörungen: Diagnose und Therapie. Weinheim.
- Schwarzer, R. (Hrsg.) (1990): Gesundheitspsychologie. Ein Lehrbuch. Göttingen
- Uexküll, Th. & Wesiack, W. (1986): Lehrbuch der Psychosomatischen Medizin. München.
- Uexküll, Th. & Wesiack, W. (1991): Theorie der Humanmedizin. Grundlagen ärztlichen Denkens und Handelns (2. Auflage), München.
- v. Weizsäcker, C. F. (1995). Die Einheit der Natur. München.
- Weitkunat, R. / Haisch, J. / Kessler, M. (1997). Public Health und Gesundheitspsychologie. Bern.

Hannelore Bernhardt

Hermann von Helmholtz im wissenschaftshistorischphilosophischen Werk von Herbert Hörz

Im August 1891 schrieb Hermann von Helmholtz an den befreundeten Mediziner Carl Ludwig: "Abgesehen von allen Fragen der Eitelkeit ist es schließlich für unser einen … doch eine berechtigte Frage: Ist das, was Du geleistet, nützlich und schätzenswert? Und dies können nur die anderen beantworten, die davon Nutzen und Vorteil haben."

Es kann nicht Anliegen dieses bescheidenen Beitrages sein, allen "Nutzen und Vorteil" zu umreißen, die aus dem Lebenswerk unseres Jubilars zu ziehen sind. Vielmehr sollen allein seine Arbeiten über eine Gelehrtenpersönlichkeit ein wenig beleuchtet werden, die ihn von Beginn seiner wissenschaftlichen Laufbahn an bis in die jüngste Zeit beschäftigt hat: Hermann von Helmholtz.

Die Literatur über Helmholtz ist heute kaum überschaubar umfangreich, erste Arbeiten erschienen bereits im 19. Jahrhundert, und noch in der Gegenwart entstehen weitere. Der Gründe dafür gibt es viele.

Hermann von Helmholtz (1821–1894), Sohn eines Gymnasiallehrers, in geistig anregender Atmosphäre aufgewachsen, studierte in Berlin auf Staatskosten Medizin, was ihn verpflichtete, einige Jahre als Militärarzt zu arbeiten. Seinen Neigungen entsprechend widmete er sich im weiteren nicht zuletzt unter dem Einfluss von Johannes Müller der Physiologie (Professuren für dieses Gebiet in Königsberg, Bonn und Heidelberg). Im Jahre 1871 folgte er als Nachfolger von Gustav Magnus einem Ruf auf die von ihm lange gewünschte Professur für Physik an der Berliner Universität. Von 1888–1894 wirkte er als Präsident der soeben gegründeten Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Das ist der mit wenigen Worten skizzierte äußere Rahmen des Lebens eines in seiner geistigen Vielseitigkeit ungewöhnlichen, vielleicht des bedeutendsten und einflussreichsten deutschen Naturwissenschaftlers der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts, dem in aller Welt hohe Anerkennung gezollt wurde, und mit dem die klassische Physik Höhepunkt und Vollendung fand.

Helmholtz' erste große, weitreichende Leistung war die mathematische

64 Hannelore Bernhardt

Formulierung des Energieerhaltungssatzes im Jahre 1847. Auf dem Gebiet der Physiologie schlossen sich Arbeiten an über die Fortpflanzung des Nervenreizes, über die Natur von Sinnesempfindungen, über physiologische Optik, über Akustik, Hydro- und Thermodynamik, über Meteorologie und über Axiome der Geometrie, aber auch über Kunst und insbesondere Musik. ¹ Mit all diesen Forschungen eng verflochten und durchwoben waren Helmholtz' philosophische Überlegungen und Überzeugungen, wobei ihm die Orientierung im Meinungsstreit der Philosophen nicht leicht gefallen sei. Eine der wohl wichtigsten Feststellungen, die Hörz hervorhebt und begründen kann, besteht darin, dass Helmholtz im Gegensatz zu vielen seiner Zeitgenossen die Philosophie nicht ablehnte, sondern für sie eintrat, sie zu nutzen suchte für die Erklärung natur- und geisteswissenschaftlicher Zusammenhänge.

Somit erweisen sich die Aspekte als vielfältig, unter denen sich Hörz wieder und wieder der Persönlichkeit Helmholtz zugewandt hat. Breiten Raum nehmen natürlich seine Untersuchungen zu Helmholtz' philosophischen und da insbesondere zu den erkenntnistheoretischen Positionen ein. Ferner beleuchtet er die Tätigkeit von Helmholtz im Umfeld seines jeweiligen Wirkungskreises. Es geht um die Einschätzung fachwissenschaftlicher, allen voran physiologischer Auffassungen und Forschungsergebnisse von Helmholtz, sowie um dessen Verhältnis zur Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse. Hörz' Untersuchung der philosophischen Vorstellungen Helmholtz' im Vergleich mit den philosophischen Gegebenheiten jener Zeit lassen die Verästelungen philosophischer Auffassungen und Meinungen und die seinerzeit vehement ausgetragenen Kontroversen erkennen. Der Jubilar erhellt gleichzeitig allgemeinere Zusammenhänge zwischen Wissenschaft und Gesellschaft, stellt subtile Betrachtungen an, die seinerzeit in dieser Weise neu waren.

Bereits im Jahre 1956 schrieb Hörz als Abschluss des Studiums eine erste Arbeit über Helmholtz' Erkenntnistheorie², die genau genommen bereits seine konzeptionellen Vorstellungen über Untersuchungen von Helmholtz' Werk und Wirken enthält. Im Jahr 1971³ erschien eine noch detailliertere, das

¹ Vgl. aus neuerer Zeit dazu E. N. Hiebert: Science and Music in the Culture of Late 19. Century Physics. The Role and the Limits of the Scientific Analysis of Music. In: Science and Cultural Diversity. Proceedings of the XXIst International Congress of History of Science, Mexico City, 7-14. July 2001, Vol 1, S. 89-112.

² Herbert Hörz: Über die Erkenntnistheorie von Helmholtz. In: Aufbau. Kulturpolitische Monatsschrift 13 (1957), Heft 10, S. 423–432.

³ Zur historischen Einordnung sei auf das Erscheinen der 7. Auflage des Philosophischen Wörterbuches im Jahre 1970 hingewiesen, das als erstes seiner Art die Begriffe, Kategorien und Gesetze des dialektischen und historischen Materialismus unter Einschluss ihres historischen Werdeganges und der Inhalte und Terminologien der bürgerlichen Philosophie umfasste.

philosophische Umfeld jener Jahrzehnte der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts weitergehend berücksichtigende Untersuchung von "Helmholtz als Erkenntnistheoretiker", gemeinsam mit Siegfried Wollgast verfasst.⁴ Der Reiz dieser Darstellung liegt darin, dass nicht allein der positive Beitrag Helmholtz' zu Fragen der Erkenntnistheorie gewürdigt, sondern im Maßstab marxistischer Wertungen gezeigt wird, wie Helmholtz als Naturwissenschaftler "sich durch philosophische Verallgemeinerungen theoretische Klarheit über die eigenen und andere Forschungsergebnisse zu verschaffen" suchte und auf der Grundlage seiner naturwissenschaftlichen Einzelerkenntnisse herrschende Vorstellungen, etwa die des Nativismus⁵, kritisierte. Helmholtz sei damit weit über erkenntnistheoretische Vorstellungen seiner Zeit hinausgegangen.

Es ist äußerst instruktiv zu erfahren, wie Helmholtz von Kants Philosophie ausgehend, zufolge seiner Erfahrungen als experimentierender Naturwissenschaftler zu neuen Denkansätzen kommt. Das betrifft u. a. Helmholtz' Untersuchungen zur physiologischen Optik und seine Einsichten in die Probleme der Anschauung und auf mathematischem Gebiet, seine kritische Haltung gegenüber Kants Auffassungen der euklidischen Axiome als synthetische Urteile a priori auf Grund seiner Kenntnisse der nichteuklidi-schen Geometrien. Philosophisch konnte sich Helmholtz – wie Hörz wiederholt betont – in gewisser Weise nicht völlig von Kant lösen. 6 Im Hinblick auf die Kritik Lenins an Helmholtz hebt Hörz hervor, dass diese durchaus berech-tigt ist, verstanden als Ausdruck des Kampfes gegen Agnostizismus und Idealismus, aber keineswegs einer negativen Gesamteinschätzung gleichkomme. Im Grunde geht es um die Unterschiede zwischen Vorstellung und Vorgestelltem und mit Kant um die zwischen Idee und Wirklichkeit bzw. um Bewusstsein und Natur. Lenins Kritik wende sich nicht "gegen die richtigen Auffassungen, sondern gegen die "kantischen Ausfälle" bei Helmholtz."⁷

Einer richtigen Auffassungen entspricht nach Hörz der Helmholtzsche Versuch einer philosophischen Deutung von experimentellen Tatsachen mit Hilfe der Zeichentheorie, die die "wesentlichen Aufgaben der marxistischen Theorie der emotionalen Abbildungen" erfülle. Kriterium für die Richtigkeit

⁴ H. v. Helmholtz: Philosophische Vorträge und Aufsätze. Berlin 1971. Eingeleitet und mit erklärenden Anmerkungen herausgegeben von H. Hörz und S. Wollgast.

⁵ Der Begriff Nativismus geht auf Helmholtz selbst zurück und bezeichnet die Lehre von der Rückführbarkeit aller psychischen Erscheinungen auf angeborene Reflexe.

⁶ Herbert Hörz: Die philosophischen Auffassungen von Hermann von Helmholtz. In: Wiss. Z. der Humboldt-Univ. zu Berlin XXII (1973), Heft 3, S. 285; vgl. auch Fußnote 9, S. 25.

⁷ A. a. O. S. 48 bzw. Fußnote 2, S. 430.

66 Hannelore Bernhardt

der Zeichen sei für Helmholtz die Praxis, d. h. für ihn als Naturwissenschaftler das Experiment, aufgefasst als praktische Tätigkeit. Es wird gezeigt, wie seine Ideen und Ansätze für spätere physiologisch-philosophische Forschungen Anregungen boten (Pawlow, Klix).⁸ Helmholtz verwarf den Begriff Abbild für eine Empfindung, denn da Empfindung und empfundener Gegenstand nicht gleich seien, können die Empfindungen keine Abbilder, sondern nur Zeichen sein. ⁹ Mängel in der Zeichentheorie bestünden – so Hörz – "einzelwissenschaftlich im Verwerfen aller angeborenen psychologischen Reflexe" und philosophisch "in Unklarheiten wie denen über das Verhältnis von relativer und absoluter Wahrheit."¹⁰

Hörz verdeutlicht zugleich, dass Helmholtz von der Existenz der objektivrealen Außenwelt und von der Erkennbarkeit der Welt überzeugt war. Für ihn sei die Einwirkung der Außenwelt die natürliche Grundlage unseres Denkens. Prozesse und Gesetzmäßigkeiten insbesondere der Natur seien mathematisch formulierbar. Helmholtz könne der Strömung des naturwissenschaftlichen Materialismus als einer spezifischen, relativ eigenständigen, bewusst vertretenen Richtung des materialistischen Denkens innerhalb der Naturwissenschaft des 19. Jahrhunderts zugeordnet werden. Als typischer Vertreter seiner Zeit habe Helmholtz zugleich einen mechanistischen Standpunkt vertreten, nach dem das Endziel der Naturwissenschaften darin bestehe, "sich in Mechanik aufzulösen."

Darf angenommen werden, dass Hörz' Beschäftigung mit Helmholtz' philosophischen Vorstellungen Gesichtspunkte für sein umfassendes Werk "Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften" von 1976 geliefert hat? Darf ein großer Bogen gesehen werden von Helmholtz zu Hörz, wenn jener der Philosophie im Gegensatz zur Metaphysik die Untersuchung der Erkenntnisprozesse und der wissenschaftlichen Methoden zur Aufgabe stellt, und wenn für Hörz "der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess und die naturwissenschaftlichen Methoden … Material" sind "für eine in der Philosophie

⁸ A. a. O., S. LX liest man: "Die Deutung der Zeichen geschieht durch die Erfahrung. Die durch das Zeichen hervorgerufenen Reflexe sind nicht angeboren, sondern erlernbar. Damit sind die Zeichen die Empfindungen, die P. Pawlow als erste Signale der Wirklichkeit bezeichnete und deren Ergebnis die bedingten Reflexe oder "unbewussten Schlüsse" sind." F. Klix bezieht sich in "Elementaranalysen zur Psychophysik der Raumwahrnehmung", Berlin 1962, auf fachwissenschaftliche Ergebnisse von Helmholtz.

⁹ Dokumente einer Freundschaft. Briefwechsel zwischen H.v.Helmholtz und E. du Bois-Reymond 1846-1894. Bearb. ... unter Leitung von Ch. Kirsten. Mit einer wissenschaftshistorische Einordnung in die naturwissenschaftlichen und philosophischen Bewegungen ihrer Zeit von H. Hörz und S. Wollgast. Berlin 1986, S. 52/53.

¹⁰ Vgl. Fußnote 2, S. 430.

¹¹ Vgl. Fußnote 9, S. 32

zu entwickelnde Erkenntnistheorie und die philosophische Grundlage der Methodologie ..."? 12

In Hörz' Werk von 1976 werden neben der Rolle der Naturwissenschaft für die Philosophie auch die weltanschaulich-philosophischen Haltungen der Wissenschaftler selbst als wesentliches Moment herausgestellt. ¹³ Es ist in der Tat ein wesentlicher Aspekt des wissenschaftsphilosophisch-historischen Interesses Hörz', gewiss nicht unbeeinflusst von seinen Lehrmeistern Klaus, Zweiling und Ley, das Schicksal bedeutender Einzelpersönlichkeit in der Wissenschaft durchleuchtet zu haben, wozu ihm die Zeit Helmholtz' reiche Gelegenheit bot. Dabei geht es auch um biographische Einzelheiten, die in vieler Hinsicht nicht zu unterschätzen sind. So untersucht Hörz die Beziehungen von Helmholtz zur Universität Bonn, an der er einen wesentlichen Teil seines wissenschaftlichen Lebenswerkes erarbeitet hat. Nicht nur, dass hier eine Reihe von Berufungsfragen zwischen den Universitäten Heidelberg und Bonn bezüglich wissenschaftspolitischer Faktoren und Umstände (die Berufung nach Heidelberg bedeutete Entlassung aus dem Preußischen Staatsdienst!) aufgezeigt werden, die Verhandlungen betrafen auch Fachfragen, so wenn für Helmholtz' Rückberufung nach Bonn 1868/69 nunmehr auf den Lehrstuhl für Physik, die nicht zustande kam, von dem Mathematiker Rudolf Lipschitz seine umfassende wissenschaftliche Leistung geltend gemacht, von anderer Seite aber geringe Erfahrungen in der physikalischen Lehre und bei der Leitung eines physikalischen Labors bemängelt wurden.

Sicher kam es Hörz entgegen, dass das Präsidium der Akademie der Wissenschaften der DDR im Dezember 1986 im Rahmen der Gesamtdarstellung der Akademie den Beschluss fasste, eine Helmholtz-Kommisson unter dem Vorsitz unseres Jubilars ins Leben zu rufen und ihn mit der wissenschaftlichen Auswertung des Helmholtz-Nachlasses zu betrauen. Damit konnten die bereits erfolgten Untersuchungen zu Leben und Werk von Helmholtz durch Hörz selbst und andere (hier sei nur an die wissenschaftliche Konferenz anlässlich des 150. Geburtstages von Helmholtz im Jahre 1973 erinnert) in der Obhut einer tragenden Wissenschaftsinstitution fortgesetzt werden. Nach 1992 konnte Hörz glücklicherweise die editorischen Arbeiten zu Helmholtz im Rahmen eines Akademievorhabens der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften weiterführen.

Das Studium des Nachlasses von Helmholtz bedeutete, einen Schatz zu heben, insbesondere durch die Bearbeitung und Veröffentlichung seines in weiten Teilen bis dato unbekannten Briefwechsels, der sich vornehmlich hier

¹² Herbert Hörz: Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften. Berlin 1976, S. 27

¹³ A. a. O. S. 30.

68 Hannelore Bernhardt

im Akademie-Archiv befindet.

Im Ergebnis liegen, im Rahmen der Helmholtz-Editionen publiziert, mehrere Hefte der "Wissenschaftshistorischen Manuskripte" vor (Helmholtz und die Bonner Universität 1.–3. Teil, Helmholtz und die Meteorologie, Schopenhauer und Helmholtz, H. Helmholtz und W. Thomson) sowie drei umfangreiche Monographien (Physiologie und Kultur in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts – Briefe an Hermann von Helmholtz [1994], Brückenschlag zwischen zwei Kulturen – Helmholtz in der Korrespondenz mit Geisteswissenschaftlern und Künstlern [1997] und Naturphilosophie als Heuristik – Korrespondenz zwischen Hermann von Helmholtz und Lord Kelvin [William Thomson] [2000]). Kommentierung und Edition des überaus umfangreichen Briefwechsels von Helmholtz mit seinen Zeitgenossen nehmen im letzten Jahrzehnt im wissenschaftlichen Werk von Hörz also breiten Raum ein.

Die Beschäftigung Hörz' mit Helmholtz' Briefwechsel bedeutete in gewissem Sinne eine Zäsur, zumindest eine neue Situation. Die Wechselbeziehungen zwischen Helmholtz und seinen Zeitgenossen in ihrem Verhältnis und Verständnis gegenüber philosophischen Problemen nicht nur der Naturwissenschaften spielen im Fortgang der Arbeiten von Hörz eine immer größere Rolle, verbunden mit tieferem Eindringen vor allem in das Werk von Helmholtz selbst wie auch in das zahlreicher Persönlichkeiten des Geisteslebens der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Stellvertretend seien genannt: Helmholtz' langjähriger Freund Du Bois-Reymond, Boltzmann, Erdmann, Ueberweg, Mommsen, Dove, die Physiologen Müller, Ludwig, von Brücke, Fechner sowie der Philosoph Schopenhauer, dessen Kontroverse mit Helmholtz eine eigene Arbeit gewidmet ist. Damit treten wissenschaftshistorische Aspekte stärker in den Vordergrund.

Den Gepflogenheiten des Wissenschaftsbetriebes im 19. Jahrhundert ohne Telefon und Internet entsprach es bekanntlich, neben dem persönlichen Gespräch in Briefen zu kommunizieren. Die Bedeutung eines Briefwechsels als ganz spezifisches und vielseitiges "Medium" für die Wissenschaftsgeschichte und -philosophie kann gar nicht überschätzt werden. Wissenschaftsgeschichte kann ja auf verschiedene Weise betrieben werden: Als Institutionengeschichte, als wissenschaftliche Biographik und Analyse der Leistung großer Denker, als Geschichte disziplinären Wissenszuwachses, als Chronik wissenschaftlicher Ereignisse etc. Alle diese Aspekte der Geschichte der Wissenschaften können in hohem Maße auch durch das Studium von Briefen ergebnisreich untersucht werden. Es ermöglicht, nicht nur Einzelheiten von Biographien, unverwechselbare Charaktereigenschaften, Denkhaltungen und -stile der beteiligten Briefschreiber, An- und Einsichten,

Motive des Denkens und Handelns, wissenschaftliche Überlegungen, Ergebnisse und Vorhaben und entsprechend gegenseitige Mitteilungen, Veränderungen in eigenen Auffassungen, Wertungen, Wünsche, Freude, Enttäuschungen über Menschen und Ereignisse aufzuzeigen, die oft unverhohlen, manchmal unerwartet schriftlich formuliert wurden, d. h. Äußerungen, die zum wenigsten für die Öffentlichkeit bestimmt waren und mitunter einen hohen Grad an Vertraulichkeit aufweisen, der sonst nur persönlichem Gespräch eigen ist und der von der Nachwelt respektvollen Umgang einfordert. Diese Gesichtspunkte sind erweiterbar.

Hörz selbst erklärte beispielhaft mit Bezug auf die Physiologie 1994: "Trotz fehlender Gegenbriefe sind die Briefe von (Johannes) Müller, (Carl Friedrich Wilhelm) Ludwig, (Ernst Wilhelm Ritter von) Brücke und (Theodor) Fechner an Helmholtz von großem Interesse für das Verständnis der sich entwickelnden Physiologie im kulturellen Kontext der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Sie geben ein interessantes Bild, nicht nur von den internen Bemühungen der Wissenschaftler um die Entwicklung der Physiologie und angrenzender Gebiete, sondern auch von den materiellen und geistigen Bedingungen, unter denen Wissenschaft damals betrieben wurde. Es wechseln Schilderungen der kulturellen und politischen Situation in der Schweiz ..., Österreich ..., und Deutschland mit der Darstellung von Forschungsergebnissen und Fragen an Helmholtz. Überlegungen zu neuen Apparaten und Versuchsanordnungen spielen eine Rolle. Determinanten der Entwicklung der Wissenschaft - wie der Streit um Positionen, um Prioritäten, Mittel und Berufungen – sind Gegenstand gegenseitiger Information. Die Briefe enthalten dazu Anfragen über Personen und Einrichtungen, taktische Hinweise für Verhandlunge...." ¹⁴ Das sind Worte des Wissenschaftshistorikers.

Und der Philosoph Hörz? In seinem Buch "Naturphilosophie als Heuristik" ist es sein Ziel, "unabhängig vom konkreten Kontext ... Gedanken und Einsichten ... heuristisch" zu nutzen, um "aktuelle Probleme zu lösen."¹⁵ Er versucht, die Auffassungen von Helmholtz und Kelvin gleich einer black box "aufzumachen und manches umzubauen", "eigene Ideen zur Interpretation der Dokumente" hinzuzutun, damit die "Ideen von Helmholtz und Kelvin heuristisch wirksam werden"¹⁶. Es ist eine alte Kardinalfrage wissenschaftshistorisch-philosophischer Forschung, ob Umbauen und Hinzutun zulässig sind und wie weit man dabei gehen darf. Bereits in der Einführung des

¹⁴ Herbert Hörz: Physiologie und Kultur in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Briefe an Hermann von Helmholtz. Marburg/Lahn 1994, S. 11.

¹⁵ Herbert Hörz: Naturphilosophie als Heuristik? Marburg/Lahn 2000, S. 277.

¹⁶ A. a. O., S. 278/279.

70 Hannelore Bernhardt

genannten Buches verweist Hörz auf die heuristische Rolle eines Briefwechsels, es gehe ihm "um das Verhältnis von Naturphilosophie und Naturwissenschaft in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, um die prinzipielle Forschungsmethodik von Helmholtz und Kelvin und um ihre Beiträge zur Vollendung des mechanischen Weltbildes."¹⁷ Dabei wird unter Heuristik die "Kunst oder Methode des Findens, … die Wissenschaft des methodischen Forschens" verstanden.

Die oben erwähnten drei großen Bände, die einen Teil des Briefwechsels Helmholtz', vermehrt um jeweils umfangreiche Essays enthalten, zeichnen einzeln wie insgesamt gesehen ein in der Tat lebendiges Bild der Wissenschaft in der Gesellschaft jener zweiten Hälfte des vorvorigen Jahrhunderts, dem die Briefschreiber angehörten. Hörz interpretiert den vorgelegten Briefwechsel im Sinne des Brückenschlages zwischen Natur- und Geisteswissenschaftlern wider das "Auseinanderfallen naturwissenschaftlicher Detailansichten und geisteswissenschaftlich-künstlerischer Gesamtanschauung der Welt in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts". Solch einen Brückenschlag geleistet zu haben, wird Helmholtz dank seiner umfassenden natur- und geisteswissenschaftlichen Interessen und Kenntnisse und der daraus folgenden Zusammenarbeit oder wenigstens Bekanntschaft mit zahlreichen Geisteswissenschaftlern seiner Zeit zuerkannt. Wie Hörz zeigt, war es ein wesentliches Anliegen Helmholtz', Grenzgebiete der Wissenschaft zu verbinden. Dazu sind Empirismus und Nativismus, die physikalische und physiologische Akustik und Musikwissenschaft und Ästhetik, aber auch die Mathematik zu zählen. Dabei habe sich Helmholtz nicht schlechthin den Beziehungen zwischen Wissenschaft und Kunst gewidmet, von deren tiefer innerer Verwandtschaft er überzeugt gewesen sei. Besonders intensiv habe er sich mit der Lehre von den Tonempfindungen, von den physikalischen Grundlagen der physiologischen Akustik, beschäftigt, die Hörz als "wesentlichen Schritt zur Überwindung eines Gegensatzes zwischen den zwei Kulturen" wertete. 18

Nicht unerwähnt dürfen Helmholtz' Beziehungen zur Praxis bleiben, zu angewandten Problemen und dies nicht nur zufolge der familiären Bindung nach der Heirat seiner Tochter mit einem Sohn Werner von Siemens'. In Hörz' Arbeiten wird deutlich, dass und in welchem Umfang Helmholtz durch sein Wirken als Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt auch auf internationalem Parkett zur Förderung jenes Prozesses beigetragen hat, der als industrielle Revolution in die Wissenschaftsgeschichte Eingang gefunden hat.

¹⁷ A. a. O., S. 16.

¹⁸ Herbert Hörz: Brückenschlag zwischen zwei Kulturen. Marburg/Lahn 1997, S. 204.

Gewiss ist das Problem der zwei Kulturen seit jener Publikation von Pierce Snow von 1967 facettenreich diskutiert worden. Doch scheint das Thema – wie auch Hörz' Arbeit ausweist – unerschöpflich. Der vorgelegte Versuch, Helmholtz mit diesen Fragen gewissermaßen rückwirkend in Verbindung zu bringen, kann nur einem profunden Kenner der Wissenschaft und Philosophie gelingen.

Hörz will die in vielen Briefen diskutierten Probleme, "die Beziehungen der Briefautoren und die in deren Meinungen zum Ausdruck kommenden Hinweise auf das Zusammenwirken von Naturforschern einerseits und Geisteswissenschaftlern und Künstlern andererseits" nutzen, um "das Verhältnis von Naturforschung und Geisteswissenschaft" in jenem Zeitraum besser und differenzierter zu verstehen, als es "manche der in der Wissenschaftsphilosophie angebotenen Konzepte gestatten."¹⁹

Aber es geht Hörz noch um mehr! Er will hinüberführen in die Gegenwart, will vergleichen, analysieren, wie es hier und heute steht um das Verhältnis von Philosophie und Naturwissenschaft. Mit Bedauern bringt er zum Ausdruck, dass gegenwärtig in Deutschland die Transdisziplinarität zwischen Naturwissenschaftlern und Philosophen weitgehend fehlt. Der philosophische Verallgemeinerungsprozess verlange, wenn er "heuristisch wirken" will, die Analyse des wissenschaftlichen Materials und führe erst dann zu "philosophischen Hypothesen über die Relevanz dieser Ergebnisse für die notwendige und hinreichende Antwort auf weltanschauliche Grundfragen."²⁰ Hörz diskutiert in diesem Kontext die Entwicklung der "dritten Kultur" zur Überwindung der Trennung zwischen Natur- und Geisteswissenschaften, um die sich auch Helmholtz mit seinem "Brückenschlag" bemüht habe. Hörz untersucht u. a. solche Problemfelder wie das Verhältnis von "Spezialisierung und Gesamtansicht" in der Wissenschaft, von Naturwissenschaft und Religion und die ethische Werteordnung für die Verantwortung des Wissenschaftlers, von Naturwissenschaft und humanistischer Bildung. Im Hinblick auf die Relevanz von Naturerkenntnissen für die Gesellschaftstheorie formuliert Hörz mehrere "Wege": Die heuristische Analogie, die Multivalenz der Methoden, die mathematische Darstellung und die philosophische Verallgemeinerung, wobei Philosophie auf Sinnfragen und Mathematik auf allgemeine ideelle Seinsstrukturen orientiere.

Im Jahre 1997 veröffentlichte Hörz eine kleine Arbeit, betitelt "Von der Idee zum Weltbild", mit Anmerkungen zum deutschen Abituraufsatz des jun-

¹⁹ A. a. O., Vorwort S. 12/13.

²⁰ A. a. O., S. 253.

72 Hannelore Bernhardt

gen Helmholtz, der "Die Idee und Kunst in Lessings Nathan, der Weise" zum Thema hatte. Hörz zitiert, dass die Königliche Prüfungs-Commission Helmholtz "unter Bezeugung ihrs vorzüglichen Beifalls mit den besten Glück- und Segenswünschen zur Fortsetzung seiner so glücklich begonnen Studien" entlässt und ihm große Beweglichkeit des Geistes und hervorragende Kenntnisse und Fähigkeiten in der lateinischen, griechischen, französischen, englischen, italienischen Sprache und im Hebräischen bescheinigt. In der deutschen Sprache habe er "die Fähigkeit entwickelt, sich selbst tiefere fremde Gedanken so anzueignen, dass sie ihm produktiv werden für eigene Ideen. ... (er) hat sich über die Sprache ... solche Herrschaft erworben, dass er den Ausdruck der Gedanken frei und unbeengt aus sich gestalten kann." Es ist überaus interessant, zu erfahren, dass und wie schon in so frühen Jahren Helmholtz wesentliche Gedanken seines ethisch-humanistischen Weltverständnisses entwickelte, wenn Hörz darlegt, dass die Arbeit durchdrungen ist "von dem Gedanken der Toleranz zwischen den Völkern und Religionen, von der humanistischen Forderung nach Liebe zwischen den Menschen", von Lessings Vorstellung von der Einheit von Wissenschaft und Kunst und der "Suche nach dem Wesen, nach dem Allgemeinen im Besonderen". ²¹ Im weiteren sah sich Hörz zu Überlegungen über Toleranz und Internationalität der Wissenschaft, über Wissenschaft und Kunst und über Prinzipien der Welterklärung angeregt. Damit kann er in gewissem Sinne einen Kreis schließen, Anfang und Ende Helmholtz' Leben und Werk zu verbinden.

Mit seinen umfangreichen und tieflotenden Arbeiten gelingt es Hörz, Helmholtz und dessen naturwissenschaftlichen und philosophischen Leistungen im gesamtgesellschaftlichen Kontext neu zu beleuchten. Diese Sichtweise begann sich, wie auf dem Gebiet der Wissenschaftsgeschichte seit Boris Hessens Vortrag von 1931in London und in der DDR mit den Arbeiten u. a. Gerhard Harigs aus den frühen 60er Jahren, mehr und mehr durchzusetzen und förderte im weiteren auch die Entwicklung eines Wissenschaftsgebietes Philosophische Probleme der Naturwissenschaften, eingeschlossen philosophische Probleme der Wissenschaftsgeschichte, auf die Herbert Hörz wesentlichen Einfluss genommen hat.

Die Frage nach dem Nützlichen und Schätzenswerten im Sinne des Eingangszitates von Helmholtz kann damit für den hier betrachteten kleinen Ausschnitt aus dem reichen Gesamtwerk von Herbert Hörz überzeugend beantwortet werden.

²¹ Von der Idee zum Weltbild. In: Wilfried Schröder (ed.) Physics and Geophysics with special historical case studies. Bremen-Rönnebeck 1997, S. 1/2.

Erwin Marquit

Dialectical Materialism in Physical Theory

In the 1970s, I was attending a curriculum committee meeting of my department, the physics department of the University of Minnesota. In the midst of the meeting, a staff person came in to ask us if we wished to retain in the new university catalog the description of the subject matter of physics that appeared in the physics department section of the present catalog. This description began with the words: "Physics is an exact science." I asked my colleagues whether any had a theory for an individual field of specialization that he or she would assert was exactly true. Not one did. I then rapidly scribbled the following draft, drawing on Lenin's well-known statement, "Matter is a philosophical category given to man by his sensations . . ."

My draft read: "Physics is a science that studies properties common to all forms of matter, living and nonliving. Through a combination of experimental and theoretical investigation, it seeks to reproduce the properties of the physical world in mathematical form with ever-increasing accuracy and adequacy." This was immediately accepted and subsequently presented for formal adoption at the next meeting of the full faculty of the department, where it was approved unanimously. This definition of physics was put into the new university catalog almost exactly as I had written it.

A few years later, I attended a departmental dinner held to honor department achievements and particularly those of the then-outgoing department chair. Under the influence of a certain quantity of dinner wine, I told the eight colleagues sitting at my table, in a voice loud enough for those at all the other tables to hear, "One of the great achievements of our department during our chair's tenure is that we are the first physics department in the United States to have a Marxist-Leninist statement on the subject matter of physics in a university catalogue." Deep silence immediately fell upon the entire hall. Then a colleague seated opposite me said, "But it sounded so sensible."

My point here is that advances in physical knowledge obviously did not require a conscious acceptance of dialectical materialism by those scientists

74 Erwin Marquit

who contributed or accepted them. Nonetheless, one can find many examples of thinking that we would characterize as dialectical, or materialist – or dialectical materialist – by scientists responsible for major advances in our knowledge of physics.

Let me give one example. Except for his role in the creation of calculus, Marxists generally have not viewed the methodology by which Isaac Newton arrived at his famous three laws of motion as an example of dialectical-materialist thought. Much of his approach, of course, had a mechanistic character. I should like, however, to point out some examples of the dialectical-materialist thinking virtually forced on him as he formulated his basic laws.

A literal translation of Newton's law of inertia, which he designated in his famous *Principia* as Law 1, reads:

Every body remains in a state resting or moving uniformly in a straight line except insofar as forces on it compel it to change its state. (Wolfson and Pasachoff 1987, 73)

Newton's original Latin text contained the phrase *nisi quatenus*, which is equivalent in this context to *except insofar as*, but it is invariably translated as *unless*. I have looked at many texts in French, German, and Russian and found this to be the general practice in those languages too.

Unless carries the meaning of either the state remains unchanged or it changes. Instead of such an either/or situation, except insofar as gives the law the character of a causality principal, in which the cause of the change is quantitatively and qualitatively relatable to the change in motion. To lay the basis for this, Newton gave scientific precision to the concept of force by invoking two distinct but dialectically related types of force. The first was the innate force (vis insita) of matter, which he also called the inertial force (vis inertiae); the second he called the impressed force. In his Definition III, Newton takes the first step toward the quantification of force.

The *vis insita* or innate force of matter is a power of resisting, by which every body, as much as in it lies, continues in its present state, whether it be at rest or of moving uniformly forwards in a right line. (Newton 1934, 1:2).

The phrase "as much as in it lies" asserts the existence of a quantitative relationship between the mass and the inertial force, both of which have yet to be quantified. Since actually neither has yet been quantified, this "definition" expresses the idea that the inertial force is the phenomenal manifestation of the mass.

The problem here is that the quantitative existence of the mass persists during inertial motion, and is associated with an inertial force. But the inertial

force does not manifest itself in the absence of the impressed force. Newton is essentially resorting to the Aristotelian dialectic of the unity of the potential and the actual – that is, the force persists as a potential force, a potential power to resist a change in motion that appears as an actual force when an attempt is made to impress upon the body a change in motion. This is the significance of the phrase in the definition "the power of resisting." Newton is quite clear that the force becomes active only in response to a change in motion. This can be seen in the continuation of his commentary on Definition III:

But a body only exerts this force when another force, impressed upon it, endeavors to change its condition.

The commentary on this definition includes the following:

This force consists in the action only, and remains no longer in the body when the action is over.

Newton's concept of force and its relation to mass is clearly a highly dialectical one.

A principal weakness in Newton's concepts was his assumption of a priori space and time, including the a priori existence of straight lines, although his first law actually provided the material criteria of straightness – that is, the line traced out by inertial motion.

These a priori concepts of space and time persisted into the nineteenth century. Over the centuries, attempts had been made to prove that Euclid's parallel postulate could be derived as a theorem from his other axioms and postulates. This postulate states that given a line L and a point p not on L, there exists one and only one line passing through p parallel to L, where two lines are considered to be parallel if they never intersect. In the 1820s, the mathematicians Lobachevsky in Russia and Bolyai in Hungary attempted to prove this was not needed by showing that the assumption of a contradictory postulate would lead to an internal logical contradiction — that is, to theorems that were in contradiction with each other. Lobachevsky and Bolyai independently replaced Euclid's parallel postulate with the following postulate: Given a line L and a point p not on L, there are at least two lines passing through p parallel to L. Lobachevsky and Bolyai, however, were unable to arrive at any internal contradiction.

Euclidean geometry and the new geometry thereby established were each internally consistent but led to results that contradicted one another. For example, in Euclidean geometry, the sum of the internal angles of a triangle equals 180 degrees. In Lobachevsky-Bolyai geometry the sum is always less

76 Erwin Marquit

than 180 degrees, but the difference be too small to establish experimentally which gave a better description of physical space. In 1850, Riemann created another geometry by postulating that there were no lines passing through point p that were parallel to L. In his geometry, the sum of the internal angles of a triangle was always greater than 180 degrees. Riemann, however, broke the logical impasse by asserting that only experience will determine which geometry applies to the physical world. While not clearly a materialist concept, this is a step in that direction, lacking only the introduction of matter as the source of the experience. Actually, it was the philosophical idealist Hegel who early in the 1800s put forth a dialectical-materialist approach to space and time by stating that "it is the concept of space itself that creates its existence in matter," and that in relation to space, "matter is the primary reality" (Hegel 1940, 343). In 1915, Einstein, who never considered himself a dialectical materialist, showed how the distribution of matter determined the local geometry.

The ties between physics and philosophy became quite strong in a negative sense with the emergence of logical positivism on the background of the philosophical views of physicist Ernst Mach. This led to the introduction of operational definitions by P. W. Bridgeman in 1927.

Operational definitions spread rapidly to other fields. The concept that intelligence could be defined by the results of an IQ test was used to limit the educational opportunities for children of color in the New York school system.

In the 1970s, on the first page of the leading physics textbook in the United States, one could read: "The definition of a physical quantity has been given when the procedures for measuring that quantity are specified. This is called the *operational* point of view because the definition is, at root, a set of laboratory operations leading to a number with a unit" (Halliday and Resnick 1974, 1). In this spirit, another textbook states that time is defined by defining the way it is measured and rejects the "romantic philosophical question "What is time?" (Zafiratos 1976, 3–4). Marxists point out that fundamental physical properties cannot be defined. Such properties are specialized categories of physics, the meanings of which are elaborated by study of their interrelation. Operational definitions, on the other hand, do not define physical properties, but standardize their measurement units. It was largely under the influence of such Marxist critiques that operational definitions generally ceased to be used to define fundamental physical properties. (Hörz 1990, 44–53)

Another important conceptual shift to which Marxists have contributed is the abandonment of the notion that physics is the study of invariances in nature. With the laws of conservation of energy, momentum, and charge in the nineteenth century and the discovery of a wide variety of additional conservation laws in physics in the twentieth century – conservation of parity, conservation of strangeness, conservation of baryon number, etc. – physics was portrayed as the science of invariances of nature. In his time, Engels pointed out that the law of conservation of energy is a law of transformation of matter. Engels's views, however, were largely ignored. But by the 1980s, in part as a result of Marxist polemics on the subject, physics textbooks began to characterize physics as the science for the study of *changes* in nature. (Hörz 2000, 241–242)

With the collapse of socialism in Europe, the contribution by Marxists to philosophical questions in the natural sciences has greatly weakened. Various shades of irrationalist viewpoints have gained much strength in a wide variety of fields. Dialectical materialists working in the natural sciences need to begin consultations on collaborative efforts to develop further, in our various fields, the scientific worldview.

Reference list

Halliday, David, and Robert Resnick. Fundamentals of Physics. New York: Wiley, 1974.

Hegel, G. W. F. Vorlesungen über die Naturphilosophie. Cited in Dialectics of Nature, by Frederick Engels, edited by Clemens Dutt. New York: International Publishers, 1940.

Hörz, Herbert. Philosophie der Zeit, Berlin: Verlag der Wissenschaften, 1990.

Hörz, Herbert. Naturphilosophie als Heuristik? Marburg: Basilisken-Presse, 2000.

Newton, Isaac. Sir Isaac Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy. Translated by Andrew Motte, revised translation by Florian Cajori. Berkeley: Univ. of California Press, 1934.

Wolfson, Richard, and Jay Pasachoff. *Physics*. Boston: Little, Brown & Co., 1987. Zafiratos, Chris. *Physics*. New York: Wiley, 1976.

Wissenschaftsphilosophie als interdisziplinäres Projekt¹

Es ist schwierig, wenn man lobende Worte über die eigenen Leistungen hört, einzusehen, dass man selbst gemeint sein könnte. Man steht gewissermaßen neben sich und freut sich über die Anerkennung des zu Ehrenden. Da man in seinem Leben viel Kritik einstecken muss und manche psychische Narbe aus geistigen Auseinandersetzungen zurückbleibt, ist es schön, wenn zu bestimmten Anlässen, zu denen runde Geburtstage gehören, Werk und Wirken des Jubilars gewürdigt werden. Doch ich werde meinem Grundsatz folgen, mich in allen Fällen, in denen es, ob hier positiv oder an anderen Stellen eventuell negativ, um meine Arbeit geht, die Probleme herauszufinden, um die es sich lohnt, weiter zu diskutieren.

Beginnen möchte ich mit einem herzlichen Dank an meine schärfste philosophische Kritikerin seit Jahrzehnten, die alle meine Arbeiten liest, bevor sie veröffentlicht werden, für die inhaltliche Vorbereitung dieses interessanten Kolloquiums, das mir große intellektuelle Freude bereitet hat. Helga Hörz, meine Frau und langjährige Mitstreiterin für eine produktive Philosophie, selbst Ethikprofessorin, hat mich, den Wissenschaftsphilosophen, immer wieder angeregt, ethische Probleme der Wissenschaften tiefer zu durchdenken, woraus gemeinsame Publikationen entstanden. So ist es verständlich, dass sie als philosophische Fachkollegin, in Absprache mit dem Vizepräsidenten der Leibniz-Sozietät Lothar Kolditz und dem Sekretar Wolfgang Eichhorn, diese Veranstaltung konzipierte, mit den Referenten verhandelte und so ein interessantes Programm gestaltete.

In schwierigen Situationen bildete für mich die Familie immer das erforderliche Hinterland, um komplizierte Entscheidungen zu treffen und mit Intrigen fertig zu werden. Als Mutter unserer drei Kinder und als Oma von inzwischen sieben Enkeln ist Helga der Mittelpunkt des Familienlebens. Wir

Schlusswort zum Kolloquium der Leibniz-Sozietät am 25.09.2003 anlässlich des 70. Geburtstags von Herbert Hörz zum Thema "Wissenschaftsphilosophie als interdisziplinäres Projekt", ausgearbeitet nach Notizen für die freie Rede.

freuen uns über die wöchentlichen Besuche unserer Enkel, mit denen Schulprobleme, Weltpolitik und interessante philosophische Fragen besprochen werden. So kann unsere geistige Spannkraft gar nicht nachlassen, da wir ständig auch von ihnen neu herausgefordert werden und lernen können, was diese Generation bewegt. Ich freue mich, dass der anwesende Enkel, baldiger Student des Verkehrswesens, das lächelnd bestätigt.

Ich danke für die Begrüßung durch den Vizepräsidenten und die Moderation durch den Sekretar. Mein Dank gilt den Vortragenden dieses Kolloquiums für ihre anregenden Beiträge, allen Helfern und Teilnehmern für die m.E. gelungene Veranstaltung. Eine umfangreiche Festschrift überreichte mir Wolfgang Eichhorn beim Treffen mit Freunden zum Geburtstag am 12.8.03. Die Herausgeber Gerhard Banse und Siegfried Wollgast haben eine große und gewiss nicht leichte Arbeit geleistet. Ihre Akribie ist bewundernswert, was der Verleger Dr. Weist ebenfalls zum Ausdruck bringt. Es ehrt die Herausgeber und den Jubilar, wenn Freunde, Kolleginnen und Kollegen mit ihren Beiträgen zur Philosophie und Geschichte der Wissenschaften Ergebnisse ihrer Arbeit vorlegen und mit Hinweisen auf Arbeiten des Jubilars zeigen, wie fruchtbringend interdisziplinäre Arbeit für die Wissenschaftsentwicklung ist. Die Schrift zeigt wissenschaftliche Aktivitäten wichtiger Repräsentanten der Sozietät und ihrer Kooperationspartner, verdeutlicht aktuelle Fortschritte in den Wissenschaften, hebt die internationale Zusammenarbeit hervor und zeugt von der heuristischen Rolle der Philosophie. Dafür meinen herzlichen Dank an Herausgeber, Autoren und alle Gratulanten.

Ich nutze die Gelegenheit, um den Mitgliedern und Freunden der Leibniz-Sozietät dafür zu danken, dass sie dem Präsidium und dem Präsidenten helfen, die wissenschaftliche Reputation unserer Sozietät zu erhalten und zu erweitern. Präsident unserer Wissenschaftsakademie zu sein, heißt als Gleicher unter Gleichen zu wirken und mitzuhelfen, die umfangreiche Arbeit zu koordinieren. Die Glückwünsche an meine Adresse veranlassen mich, für die Zukunft unserer Sozietät optimistisch zu sein, denn sie sind ja zugleich Versprechen für die weitere gute Zusammenarbeit zum Wohl unserer Gelehrtenvereinigung.

Unsere Sozietät ist in der letzten Zeit durch unsachliche Angriffe in die öffentliche Diskussion geraten. Der Berliner Wissenschaftssenator Dr. Flierl bemüht sich, für unsere Sozietät durch den öffentlichen Haushalt finanzielle Unterstützung zu erreichen. In dieser Richtung wirkte schon sein ehemaliger Staatssekretär Dr. Pasternack. In der Presse ist dann davon die Rede, es solle "Klientelpolitik" betrieben werden, um Ostwissenschaftler zu fördern. Unse-

re Sozietät, die herausragende Wissenschaftler aus Ost und West, aus dem Inund Ausland als Mitglieder hat, soll denunziert werden. Ich habe deshalb beim Berliner Wissenschaftssenator mit Kopie an den Präsidenten der BBAW gegen die Diffamierungen unserer Mitglieder als wenig förderwürdige "Betonköpfe", wie die Berliner Zeitung vom 20./21.09.03 Präsident Simon noch einmal zitiert, protestiert, bleibe jedoch bei unserer Aussage auf dem Leibniztag dieses Jahres, dass wir weiter eine Zusammenarbeit der beiden Akademien anstreben, um, statt des kleinlichen Streits, anstehende große Probleme, die vor der Wissenschaft stehen, zu lösen. Ich würde uns sehr wünschen, dass Herr Simon zu der von mir an ihm geschätzten Sachlichkeit zurückkehrt. Die wachsenden Aktivitäten unserer Sozietät haben von der mitleidigen Duldung zur scharfen Diskriminierung geführt. Das kann in dieser Gesellschaft nur bedeuten: Es geht ums Geld. Von den 5 Millionen Euro für die BBAW sollen nicht einmal 30000 Euro der Sozietät zukommen. Mal sehen, wie der Streit weiter geht, hoffentlich mit einem positiven Ende für uns. Früher hatte ich Präsident Simon in einem Gespräch darauf hingewiesen, dass seine Akademie viel Geld bekommt und unsere Sozietät enorme geistige Kapazitäten hat. Beides zusammenzubringen, könne der Wissenschaft dienen. Vielleicht kommt es dazu. Wir freuen uns, dass der derzeitige Senator willens ist, uns zu finanzieller Unterstützung für unsere Arbeit zu verhelfen.

Wir befinden uns als Sozietät auf einer Gratwanderung zwischen einer komplizierten mehr als 300-jährigen Geschichte, die wir in ihren positiven und negativen Seiten aufarbeiten, und den aktuellen Herausforderungen, denen wir uns stellen. Wir stehen zu unserer Tradition. Das gibt jedoch keinem das Recht, die Leibniz-Sozietät, die nach 1992 die schon vorher angedachten Reformen durchgeführt hat, um aus Fehlern der Vergangenheit zu lernen, immer noch mit der DDR-Staatsakademie gleichzusetzen. Wir werden weiter Brücken zwischen Ost und West bauen, auch wenn Leute, die in der Einheit nicht angekommen sind oder sie nur unter westlicher Vorherrschaft billigen, man könnte sie als die eigentlichen zurückgebliebenen Betonköpfe bezeichnen, Gräben zum Osten aufreißen und unsere Bemühungen nicht sehen wollen, Wissenschaft als internationales gemeinsames Vorhaben in Ost und West voranzubringen. Hoffentlich besinnen sie sich bald auf die der Wissenschaft eigenen Kriterien eines sachlichen Umgangs miteinander, wobei Vorurteile kritisch geprüft werden und der Respekt für unterschiedliche Biografien nicht verloren geht.

Unter diesen Umständen ist es besonders wichtig, dass unsere Sozietät den Kurs fortsetzt, sich als interdisziplinäre, internationale und pluralistische

Wissenschaftsakademie zu profilieren. Für unseren Pluralismus gilt, dass Maßstäbe unseres Wirkens die Kriterien wissenschaftlicher Rationalität und Forderungen nach Humanität sind. Wir suchen Erkenntnisse und brauchen keine leeren Bekenntnisse. Jedes politische Ereignis kann zum Gegenstand wissenschaftlicher Analyse werden. Über weltanschauliche und politische Unterschiede hinweg, wollen wir zum Wohl der Wissenschaft wirken. So werden wir uns in Auseinandersetzung mit gefährlichen unilateralistischen Tendenzen in der Weltpolitik, die militärische Präventivschläge befördern, mit dem Völkerrecht des 21. Jahrhunderts befassen. Gerade unsere Interdisziplinarität kann helfen, spezialisierte Scheuklappen abzulegen, bornierte politische Standpunkte aufzubrechen und Beiträge zur Lösung globaler Probleme anzustreben.

In diesem Sinne ist auch Wissenschaftsphilosophie ein interdisziplinäres Projekt, was hier dadurch zum Ausdruck kam, dass der Natur- und Geisteswissenschaftler, der Ökonom und Informatiker, der Ethiker, der Psychotherapeut, die Wissenschaftshistorikerin und der Physiker Probleme aus ihrer Sicht und im Kontext mit dem Anliegen des Kolloquiums behandelten. Wissenschaftsphilosophie strebt auf der Grundlage von erkenntnistheoretischen, methodologischen, historischen und Begriffsanalysen bisheriger und hypothetischer Erkenntnisse aller Wissenschaften Welterklärung an, wirkt heuristisch als Ideengenerator und vermittelt eventuell weltanschauliche Lebenshilfe. Sie führt zu allgemeinen Aussagen über die Existenzweise und Entwicklung des Weltgeschehens, über die Möglichkeiten von Erkenntnis, über die Stellung der Menschen in der Welt und zu Antworten auf Sinnfragen. Wissenschaft kann zur moralischen Instanz werden, wenn sie Gefahren- und Erfolgsrisiken aufdeckt, um menschliches Handeln im Sinne der Humanität zu orientieren. Manches davon wurde in den Vorträgen thematisiert.

Für mich waren die Darlegungen auf diesem Kolloquium problemreich, bedenkenswert und anregend. Die Laudatio von John Erpenbeck zeugte, wenn es dem Jubilar gestattet ist, so etwas zu sagen, von der Brillanz des Schriftstellers, der Exaktheit des Naturwissenschaftlers und der Tiefgründigkeit des Philosophen, verwoben mit Überlegungen zu Motivationen und Willensbildungen, den Themen, denen der Laudator sich selbst forschend immer genähert hat. Das Wirken einer Person ist immer in Zeitumstände eingebettet. Das ist am konkreten Fall exemplifiziert worden. Wichtig ist, wie man sich zu ihnen verhält. Unterordnet man sich oder gestaltet man im Rahmen der Möglichkeiten die Umstände mit. So ist die Laudatio ein Lebens- und Zeit-

bild. In diesen Spiegel, den mir John vorgehalten hat, kann ich selbstbewusst vor und nach den gesellschaftlichen Umwälzungen sehen.

Effektivität und Humanität ist ein altes und ewig neues Thema. In Diskussionen mit dem Vortragenden Peter Fleissner, vor allem im österreichischen Deutschlandsberg auf den Tagungen der Wissenschaftsforscher Europas aus Ost und West, drängte er mich dazu, meine Forderungen nach dem Freiheitsgewinn der Persönlichkeit zu konkretisieren, denn sonst sei das alles nicht überprüfbar. Ich versuchte deshalb aus dem Wesen handelnder Menschen und aus den historischen Kämpfen um Ideale wesentliche Humankriterien zu bestimmen, die es ermöglichen, soziale Systeme nicht nur in ihrer Effektivitätssteigerung, sondern auch nach der Humanitätserweiterung zu befragen: Gibt es für alle Individuen eine sinnvolle Tätigkeit? Ist persönlichkeitsfördernde Kommunikation gewährleistet? Sind die materiellen und kulturellen Bedürfnisse aller Gesellschaftsglieder gesichert? Wie kann sich die Individualität jedes Menschen herausbilden, um glücklich zu werden? Ist die Integration Behinderter und sozial Schwacher in die Gesellschaft gesichert? Diese Kriterien gilt es unter konkret-historischen Bedingungen weiter zu differenzieren. Arbeitslosigkeit ist nicht nur Verlust an Kreativität, sondern für den Betroffenen demütigend. Sein Menschsein wird in Frage gestellt. Mir scheint, dass diese Humankriterien Grundlage zur Überwindung des vorhandenen Utopiedefizits sein könnten, denn wir brauchen, um allen Menschen Hoffnung zu geben, attraktive, realisierbare und anschauliche Ideale einer möglichen zukünftigen humanen Gesellschaft, aus denen aktuelle Programme zur Umgestaltung der sozialen Strukturen abzuleiten sind.

Mich beschäftigt die Frage, ob Humanität die Effektivität hemmt. Die Antwort hängt von der Zielsetzung des technischen Fortschritts ab. Für eine technozentrierte Entwicklung, in der Menschen nicht Gestalter der sozialtechnischen Programme, sondern ihre Strukturelemente sind, sind die humanen Forderungen vernachlässigbar. Eine humanorientierte Entwicklung von Wissenschaft und Technik ist eigentlich das Ziel des Menschseins, wenn Menschen nicht gegen ihr Wesen, etwa durch die Zerstörung ihrer natürlichen Existenzbedingungen, handeln. Die Erhaltung und Erhöhung der Lebensqualität aller Menschen dieser Erde ist technisch möglich und realisierbar. Für mich gilt deshalb weiter die von mir schon oft erläuterte Frage: Ist das, was wissenschaftlich möglich, technisch-technologisch realisierbar und ökonomisch machbar ist, auch gesellschaftlich wünschenswert und durchsetzbar und human vertretbar? Diese Frage ist nun unter konkreten Bedingungen der Roboterisierung, der Revolution der Denkzeuge, der Geningenieurtechnik

usw. zu beantworten. Das erfordert wissenschaftlichen Aufwand und humane Zielstellungen. Dann kann Effektivitätssteigerung selbst wieder ein neuer Motivationsfaktor werden, weil mit ihr Humanitätserweiterung angestrebt wird.

Doch ist die gegenwärtig durch die sich herausbildende neue Produktionsweise erforderliche prinzipielle Strukturveränderung bei den Arbeitsangeboten, mit denen neue Bereiche wie ökologische Maßnahmen, Dienstleistungen, Herstellung von Unikaten als Ergänzung zur Massenproduktion, besonders gefördert werden, nicht in Sicht. Der derzeitige Sozialabbau als Einschränkung von Humanität wird auf die Dauer als Effektivitätsbremse wirken, da dem sich herausbildenden neuen Charakter der Arbeit nicht durch konstruktive Entscheidungen zur Entwicklung von Arbeitsplätzen entsprochen wird.

Es ist interessant, dass Peter in seinem Vortrag aus vergangenen Ereignissen zukünftige Gestaltungsprogramme im Sinne der Effektivierung und Humanisierung ableitet. Das führt zu dem prinzipiellen philosophischen Gedanken, Geschichte nicht nur als Vergangenes, das zwar beschreib- und erzählbar ist, zu begreifen, sondern die Entwicklungszyklen im Geschehen zu erkennen, die erst begonnen, teilweise ausgestaltet und doch noch nicht abgeschlossen sind. So kann Geschichte zur Theorie aktueller und zukünftiger Gestaltungsmöglichkeiten werden. Das gilt auch für andere Bereiche, mit denen sich Wissenschaftsphilosophie befasst.

Die von Heinz Engelstädter angesprochene Beziehung zwischen Friedensforschung und Werttheorie führt zur Frage nach der Verantwortung der Wissenschaftler. Sie besteht in der Pflicht zur Beförderung der Humanität, womit der Zusammenhang zum vorhergehenden Thema deutlich wird. Es ist möglich, sich dieser Verantwortung durch das Pochen auf ein Spezialgebiet zu entziehen, was jedoch auf keinen Fall zeitgemäß ist, denn die Rolle der Wissenschaft ist selbst in der Diskussion. Ich setze, statt der postmodernen Rückzugsgefechte, auf die Wissenschaft als neuer Aufklärung in der Neomoderne, die nicht mehr nur als Wahrheitssuche begriffen wird, sondern die Beund Verwertung der Erkenntnisse mit umfasst. Soziale Werte entstehen in den gesellschaftlichen Auseinandersetzungen. Es sind Bedeutungsrelationen von Sachverhalten für die Menschen, die Nützlichkeit, Sittlichkeit und Schönheit umfassen. Auf ihrer Grundlage können mit humanen Zielstellungen entsprechend den Humankriterien Zukunftsprogramme entwickelt oder auf ihren humanen Gehalt überprüft werden. Dazu ist es erforderlich, über die notwendige Kompetenzerweiterung nachzudenken, die verantwortungsbewusste Wissenschaftler brauchen, um humane Expertisen zu ihrer Arbeit und

zu den Erkenntnissen anderer ausarbeiten zu können. Die dafür erforderliche Kompetenz, ein Thema, mit dem sich John Erpenbeck seit Jahren beschäftigt, können Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler durch Erweiterung des eigenen Wissens oder durch interdisziplinäre Zusammenarbeit erreichen. Sollen Wissenschaft und Technik, wie gefordert, dem Wohl der Menschen dienen, dann hilft uns eins auf keinen Fall weiter, das ist die bornierte Haltung des Spezialisten, der sich um das Umfeld seiner Erkenntnisse nicht kümmern will. Dann könnten zu dem von Brecht benannten ersten Sündenfall der Spezialwissenschaft, die sich aus dem sozialen Kontext herauslöste, weitere und gefährlichere kommen.

Es ist wichtig, über die Herkunft sozialer Werte weiter nachzudenken. Sie entstehen nicht durch politische Entscheidungen, denn diese drücken selbst Wertbewusstsein aus. Moralische und rechtliche Normen sind Wertmaßstab und Verhaltensregulator. Woher kommen dann die Werte? Sie sind in einer langen Traditionsreihe unterschiedlicher Ethnien entstanden und deshalb oft auch gegensätzlich. Lebensbedürfnisse, Hoffnungen, Welterklärungen drücken sich in ihnen aus. Der westliche Universalismus mit dem Christentum. säkularisierter Rechtsstaatlichkeit und den Forderungen nach Menschenrechten steht auf dem Prüfstand. Andere Wertgemeinschaften stellen sich dagegen. Präventivkriege um Ressourcen und Macht verstärken das antiwestliche Engagement. Wir brauchen interkulturelle Beziehungen mit der Toleranz unterschiedlicher menschenfreundlicher Werte und dem Streben, eine Menschheit zu werden, die sich von der Katastrophengemeinschaft bei der Lösung anstehender Natur- und sozialer Katastrophen zu einer Solidargemeinschaft entwickelt, in der sich allgemeine menschliche Werte herausbilden können, deren Spielraum verschiedene Kulturen abdeckt. Doch das ist ein weiter Weg. Denken wir nur an die ständig erhobenen Forderungen nach Demokratie. Welche Art von Demokratie ist gemeint? Um auf das vorhergehende Thema noch einmal zurückzukommen, die Entwicklung der Effektivitätsmittel bringt immer mehr autonome Individuen im Arbeits- und Lebensprozess hervor, denen eine parlamentarische liberale Vertretungsdemokratie nicht entspricht, da sie autonome Entscheidungsmöglichkeiten einschränkt. So ist selbst Demokratie kein Wert an sich. Frieden um jeden Preis kann es auch nicht sein. Es ist also geistiger Aufwand erforderlich, um die Beziehungen von Frieden, Werten, Normen und interkulturellen Beziehungen weiter zu durchleuchten.

Die biopsychosoziale Einheit Mensch ist für mich, wie Hans-Peter Brenner betonte, weiterhin ein wichtiges Forschungsprogramm. Gerade in der Me-

dizin geht es darum, mit den speziellen gesundheitlichen Problemen eines Individuums den ganzen Menschen im Auge zu behalten, weil nur so wirksam geholfen werden kann. Es ist bedenklich, wenn Krankenkassen es ablehnen, die Behandlung auf der Grundlage systemischen Herangehens zu bezahlen und dafür als Grund ideologische Befrachtung des Programms angeben. Ist es nicht im Interesse der Humanität, des Wohls der Menschen, der gesundheitlichen Betreuung unwichtig, welche Ideologie mit einem sinnvollen Forschungsprogramm verbunden ist? Geprüft werden müsste doch der Wahrheitsgehalt der Prognosen, der Erfolg von Therapien, Spezialisierung birgt Gefahren in sich. Sie kann zu einem philosophischen Reduktionismus führen, wenn der Teil für das Ganze ausgegeben wird. Menschen sind nicht kranke Organe, sondern ganzheitliche Wesen. Jedoch, das sei hinzugesetzt, hilft eine Ganzheitsbetrachtung ohne Detailkenntnisse ebenfalls nicht weiter. Philosophisch gesprochen geht es darum, das menschliche Individuum in seinen relevanten Elementen wie Organe, Mechanismen, psychosomatische Vorgänge usw. genau zu studieren und die Erkenntnisse in die systemische Ganzheitsbetrachtung einzufügen. Diese wiederum verlangt, Menschen in ihrer Umgebung zu sehen. Menschen sind Ensembles gesellschaftlicher Verhältnisse, jedoch in individueller Ausprägung. Jeder Mensch ist als Individuum ein Unikat, das zwar in Typen eingeordnet werden kann, doch stets in seinen spezifischen Seiten zu betrachten ist. Das will Gerda Jun mit dem integralen Konzept der Persönlichkeit auf biopsychosozialer Grundlage erreichen, womit sie im genannten Sinn vielfältige praktische Erfahrungen, die sie in langjähriger Arbeit gesammelt hat, theoretisch fundiert.

Es war theoretisch für das Verständnis menschlichen Verhaltens wichtig, die in den fünfziger und sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts besonders betonte biosoziale Einheit durch das Bindeglied der Psyche zu erweitern. Schon für die 1976 von mir erschienene Arbeit "Mensch contra Materie?" beschäftigte mich die Problematik der Emotionen und der Psyche. In den Diskussionen mit Burkhard Stephan um die Evolution der Sozialstrukturen, sein Buch dazu erschien 1977, kritisierte er das Fehlen der Psyche als Bindeglied im Biosozialen. So entstand in vielen Diskussionen das Forschungsprogramm Biopsychosoziale Einheit. das dann an der Humboldt-Universität institutionalisiert wurde und an dem weitere Gruppen mitarbeiteten. Psyche (Seele) drückt individuelles Lebensgefühl, Regulationsmöglichkeiten, Motivationen, Willensleistungen usw. aus. Sie ist das Zentrum der biopsychosozialen Einheit Mensch. Es kann nicht darum gehen, diese Ebenen auseinanderzudividieren, sondern Spezialerkenntnisse über sie zu einer Synthese zu fügen, mit der wir individuelles menschliches Verhalten besser verstehen können, wodurch gegenseitige Hilfe und Unterstützung eigentlich erst möglich wird. Genetisch-biotische Grundlagen des Individuums dürfen als Prädispositionen ebensowenig unterschätzt werden, wie die sozialen Determinanten des Erkennens und Handelns. Prädispositionen bauen ein Möglichkeitsfeld auf, das durch soziale Umgebung, Erfahrungen, Vorbilder usw. stochastisch verteilt realisiert wird. Ein Individuum bildet sich mit seinem Charakter und Gewissen als Ausdruck persönlichen Verantwortungsbewusstseins im Rahmen dieses Feldes von Möglichkeiten aus. Als Wissenschaftsphilosophen hatten wir deshalb stets an zwei Fronten zu kämpfen, sowohl gegen die theoretische Ignoranz der Menschen als Naturwesen, als auch gegen die Unterschätzung sozialer Bedingungen. Er ist weiter zu führen, denn auf diesem Gebiet ist noch viel zu tun. Die theoretischen Potenzen des Konzepts biopsychosozialer Einheit Mensch sind bei weitem nicht ausgeschöpft.

Hannelore Bernhardt sprach als Wissenschaftshistorikern ein Problemfeld an, das mich durch mein ganzes wissenschaftliches Leben begleitet: die Leistungen des Mediziners, Physiologen und Physikers Hermann von Helmholtz. Wenn sie die Frage stellt, ob die Beschäftigung mit Helmholtz Gesichtspunkte für die umfassende Darstellung des Verhältnisses von Philosophie und Naturwissenschaften geliefert hat, so ist das eindeutig mit Ja zu beantworten. Schon die Beschäftigung mit der Helmholtzschen Erkenntnistheorie in meiner Diplomarbeit bei Georg Klaus brachte mich dazu, kritisch über dogmatische Auffassungen nachzudenken, wenn etwa Lenin bei Helmholtz von Halbmaterialismus, bezogen auf einige Zitate, schrieb, während Chaßchatschich in der Arbeit "Zur Erkennbarkeit der Welt" generell vom Idealismus von Helmholtz ausging, ebenso war es mit Lenins Aussagen zu Äußerungen von Helmholtz mit kantianischer Prägung, woraus Kantianismus wurde, den man Helmholtz mit seiner Kritik an Kant, bezogen auf die geometrischen Axiome, bestimmt nicht vorwerfen konnte.

Studien zu Helmholtz haben meine wissenschaftsphilosophische Arbeit stark geprägt. Zwar war ich anfangs noch der Auffassung, es reiche aus, die publizierten Arbeiten herausragender Denker zu kennen, doch später erschloss sich mir der Reiz von neuen Entdeckungen durch Archivarbeit. So konnte ich in den Briefen von Überweg an Helmholtz die interessante Debatte zur Abbildproblematik verfolgen, die heutige Kritiker der dialektischen Auffassung von der Widerspieglung lesen und analysieren sollten. Wichtig war für mich der Kontakt zu den Nachkommen von Helmholtz. So erhielt ich von Ruprecht von Siemens Bilder aus dem Privatarchiv und den interessanten Ab-

ituraufsatz von Helmholtz zu Lessings Nathan der Weise, in dem schon viele seiner späteren Auffassungen aufscheinen.

Die in der DDR begonnene Auswertung des Helmholtz-Nachlasses half mir dann in den Wendezeiten mit der "Abwicklung" von DDR-Einrichtungen und Personen, erst einmal weiter wissenschaftlich arbeiten zu können. Der Vorsitzende der für die DDR-Akademie zuständigen Integritätskommission, ein reaktivierter Personalchef einer großen westlichen Einrichtung, lud mich zum Gespräch ein, um mir zu sagen, man wolle mich, auf Grund meiner Reputation im In- und Ausland, weiter wissenschaftlich arbeiten lassen. Meine Frage, ob ich als einer, der ins WIP (Wissenschaftler-Integrations-Programm) aufgenommen sei, dann wieder an der Universität, wie bis 1972, lehren könne, da es doch sicher nicht problematisch sei, unter den vielen Vertretern verschiedenster philosophischer Richtungen einen Marxisten zu haben, der sich den Auseinandersetzungen mit Studenten und Fachvertretern stellen wolle, verneinte er. Zu meinem Hinweis auf den öffentlich bekundeten Pluralismus meinte er, den könne man jetzt nicht praktizieren. Auf den Vorschlag, das öffentlich zu bekunden, reagierte er nicht. Nach seiner Meinung sollte ich meine Helmholtz-Editionen in der von mir initiierten Gruppe "Wissenschaftsphilosophische (später Wissenschaftshistorische) Studien" weiterführen. Da keine weiteren Verbeugungen damit verbunden waren, denn es war nur ein Brief zu schreiben, dass ich die Stelle für die Helmholtz-Editionen annehme und solange meine Arbeit im WIP ruhen lasse, arbeitete ich über Helmholtz weiter und veröffentlichte Briefe aus dem Archiv an und von Helmholtz. Doch als Wissenschaftsphilosoph tat ich das in einer anderen Art als der Wissenschaftshistoriker. Ich nutzte das historische Material, um aktuelle Theorien zu testen. Helmholtz kam mir mit dem breiten naturwissenschaftlichen Forschungsspektrum und dem Interesse an Philosophie und Erkenntnistheorie sehr entgegen. Dabei waren seine Leistungen keineswegs nur das Vehikel, um Wissenschaftsphilosophie weiter zu treiben, denn ich bin fest überzeugt, dass eine enge Verzahnung von Philosophie und Geschichte der Wissenschaften beide voranbringen kann. Akribisch aufbereitetes historisches Material ist eine gute Grundlage für wissenschaftsphilosophische Reflexionen, die dadurch weniger spekulativ sind. Wissenschaftsgeschichte ist so ein Lösungspotential für aktuelle Probleme. Außerdem bedarf die Logik der Erkenntnis der Ergänzung durch Geschichte, wenn sie nicht, geglättet von den historischen Irrungen und Wirrungen, ein einseitiges Bild vermitteln will.

Mit Erwin Marquit habe ich schon viel über das Verhältnis von Philosophie und Physik diskutiert. Es ging uns besonders um eine schöpferische Weiterentwicklung des dialektischen Materialismus durch die Analyse historischer und aktueller physikalischer Erkenntnisse, da Physik die Grundlage jeder Strukturtheorie ist. Zugleich ist sie Rahmentheorie für andere Forschungsbereiche, die sich dem Studium des Lebens, der Erde, der Menschen usw. widmen. Physik kann diese Materiestrukturen und -formen nicht erklären, doch sind ihre Gesetze die Rahmenbedingungen für deren Existenz, Veränderung und Entwicklung. Darüber hinaus hat Philosophie sich jedoch mit Sinnfragen zu beschäftigen. Dafür sind dann weniger Einsichten in Strukturen wichtig, als das Verhalten von Wissenschaftlern in bestimmten Zeiten zu bestimmten Problemen.

Ich greife aus den von Erwin genannten Problemen, über die weiter zu sprechen wäre, nur eines heraus, das bei ihm keine entscheidende Rolle spielte, für die Wissenschaftsphilosophie jedoch von Relevanz ist. Das ist die Frage nach der Exaktheit von Wissenschaften. Wenn wir allein dem Philosophen Kant folgen wollten, dann wäre eine Wissenschaft erst dann exakt, wenn sie ihre Grundaussagen mathematisch formuliert hat. Das ist sicher eine wichtige Komponente. Doch gibt es m. E. zwei Kriterien der Exaktheit. Das erste ist die mathematisch strenge Formulierung der Grundaxiome, Folgerungen und Gesetze. Das kann zu heuristischen Hinweisen aus der deduktiven Theorie führen. Zugleich gilt eine Unbestimmtheitsrelation für die Definition von Begriffen: Je genauer der Begriffsinhalt bestimmt wird, desto kleiner wird der Begriffsumfang. Das kann dazu führen, dass ein überbestimmter Begriff kein Pendant in der Wirklichkeit hat. Dagegen haben philosophische Begriffe wie Materie, Struktur, Form usw. nur wenige Bestimmungsmerkmale und dafür einen großen Umfang. Heisenberg wies in der Diskussion mit mir, es ging um mein Buch zu seinen Auffassungen, gerade darauf hin, indem er die Langlebigkeit philosophischer Begriffe damit erklärte. Für unser praktisches Verhalten ist weniger die mathematische Formulierung entscheidend als der Erfolg unserer Prognosen. Wir können also, wenn wir die effektive und humane Gestaltung der Lebensbedingungen und der Umwelt durch die Menschen mittels Einsichten in Regularitäten und Gesetzmäßigkeiten der natürlichen, gesellschaftlichen und mentalen Prozesse, als Ziel wissenschaftlicher Erkenntnis sehen, ein zweites Kriterium der Exaktheit durch den Erfolg unserer Handlungen bestimmen. Es entspricht dem Wesen unseres Wirkens, Wissenschaft nicht zum Selbstzweck werden zu lassen, sondern praktische Ergebnisse anzustreben. Beide Kriterien gehören deshalb eng zusammen, weil sowohl die heuristische Deduktion als auch die empirisch untermauerte Erfolgsprognose zwei miteinander verbundene Erkenntniswege darstellen, da

Menschen sich sowohl logisch-deduktiv als auch praktisch-gegenständlich die Wirklichkeit aneignen. Im günstigsten Falle treffen wir auf beiden Wegen das gleiche Ziel, eben die mathematisch formulierte praktisch erfolgreiche Theorie. Im Erkenntnisprozess haben wir es jedoch meist nicht mit diesem Resultat zu tun, sondern mit Stufen der Erkenntnis, weshalb beide Wege zu gehen sind. Das theorieorientierte Exaktheitskriterium ist mit Kant auf Mathematisierung gerichtet, während das praxisorientierte Exaktheitskriterium am Erfolg der theoretischen Prognosen zu messen ist. Man sollte deshalb mit Kant keineswegs den Forschungsgebieten, wie etwa der Chemie, den Charakter einer Wissenschaft absprechen, weil sie ungenügend mathematisiert sei.

Wissenschaftsphilosophie als interdisziplinäres Projekt ist weiter zu betreiben, um zu theoretisch und praktisch relevanten Ergebnissen zu kommen, heuristisch zu wirken und die Wahrnahme ihrer Verantwortung durch Wissenschaftler zu fördern. Noch einmal meinen herzlichen Dank an alle, die zum Gelingen dieser Veranstaltung als aktive Mitgestalter oder Teilnehmer beigetragen haben. Ich wünsche mir und uns eine weiter sich entwickelnde Leibniz-Sozietät, deren Reputation sich erhält und erhöht. Dazu wollen wir mit ganzer Kraft beitragen.

Nachweis von speziellen Zusammenhängen zwischen Teilsystemen von komplexen dynamischen Systemen – Beispiel: Southern Oscillation und Witterung in Mitteleuropa

Bearbeitete Fassung des Vortrages, der in der Klasse Naturwissenschaften der Leibniz-Sozietät am 19.6.2003 gehalten wurde

I Einleitung

Grundsätzlich geht und ging es mir bei den Studien, die zu diesem Vortrag führten, um eine vertiefte, und zum Teil neuartige Analyse und Nutzung von Fernbindungen, die in der Meteorologie zumeist unter dem Begriff "Telekonnektionen" geführt werden. Eine Fülle solcher Zusammenhänge ist eben unter dem Stichwort "Telekonnektionen/Fernbindungen" seit Ende des 19. Jahrhunderts (z.B. Blanford 1880, De Bort 1880, Hann 1890, Hildebrandsson 1897) und in der ersten Hälfte des 20.Jahrhunderts (u.a.Walker 1924, Ångström 1935) beschrieben worden. Sie betreffen fast durchweg als lineare Beziehungen zu verstehende Korrelationen von meteorologischen Größen in verschiedenen geographischen Regionen. Ein besonderer Schwerpunkt waren und sind die "Fernbindungen" der südlichen Oszillation (Southern Oscillation) zu fast allen Gebieten der Erde (s.z.B. Bjerknes 1969, Graf 1991). Ganze Bücher sind dieser Thematik gewidmet (u.a. Glantz et al. 1991, Diaz et al. 1992). Die südliche Oszillation (SO) besteht in einer Schwankung der atmosphärischen Zirkulation über dem Südteil des äquatorialen Pazifik, also zwischen Australien und Indonesien einerseits und Südamerika andererseits: sie wird zumeist charakterisiert durch den Southern Oscillation Index (SOI), der im wesentlichen mit der Druckdifferenz Darwin – Tahiti gegeben ist (Walker und Bliss 1932). Während Korrelationen zwischen dem Southern Oscillation Index und meteorologischen Größen in vielen Teilen der Welt sehr deutlich ausgeprägt sind (z.B. Berlage 1957, Rogers 1984), wurden solche Korrelationen zu meteorologischen Zustandsgrößen über Europa (speziell auch für Mitteleuropa) trotz vieler Bemühungen bisher nicht oder nur als sporadische Ausnahmen (z.B. Kiladis und Diaz 1989) gefunden.

Bei der Fortführung von Arbeiten zur Thematik "Anwendung der Methode der Ensemblevorhersage bei komplexen dynamischen Systemen auf statistische Verfahren" (Böhme 1998 und 1999 sowie Böhme et al. 2001) habe ich im Januar dieses Jahres entdeckt, dass *zwischen strukturellen Eigenschaften* der Zeitreihe der SOI und der Zeitreihe der Abweichungen der Monatsmitteltemperatur Mitteleuropas deutliche *Beziehungen bestehen*, die für langfristige Vorhersagen (über mehr als ein Jahr) dieser beiden Zeitreihen und grundsätzlich für weitere Zeitreihen des atmosphärischen Systems nutzbar sind. Ein wesentlich neuer Schritt besteht hierbei in der Feststellung und Ausnutzung von "parallelen Analogieabständen" zwischen solchen Reihen.

II Grundlegende Eigenheiten des komplexen atmosphärischen Systems und einige Definitionen

Einige Eigenschaften des atmosphärischen Systems sind dabei zu beachten und erleichtern zum Teil dieses Herangehen. Sie lassen sich einschließlich der zugehörigen Definitionen in fünf Punkte gliedern. Ähnliche Eigenheiten sind aber auch in vielen anderen komplexen natürlichen Systemen zu finden, so dass diese Ausführungen auch in einer Reihe von anderen Fachbereichen von Interesse sein dürften:

(1) Das atmosphärische System (unter Einbeziehung seiner Randbeziehungen) ist ein deterministisch chaotisches System (Lorenz 1963). Kleine Abweichungen (in den Anfangsbedingungen, in den treibenden Kräften, in angewandten Parametern und bei den verwendeten numerischen Vorhersageverfahren) können mit der fortschreitenden Zeit zu großen Abweichungen führen (hierzu Kluge 1991 und Böhme 1998). Chaos führt somit zur Begrenzung bzw. Verminderung der Vorhersagbarkeit (zu zunehmender Entropie des Systems); es kann gleichzeitig auch zu Neubildung von Strukturen mit abnehmender Entropie bei Vorhandensein eines verwendbaren Energiedurchsatzes führen (z.B. Gassman 1991, Ebeling 1994, Ebeling und Lanius 2000). Die Theorie komplexer dynamischer Systeme besagt zudem (Takens 1981, s. auch Ott 1993): Bei niedrig-dimensionalen Systemen (also bei Systemen mit einer Dimension ihres Zustands- oder Phasenraumes von etwa 3 oder 4, wie es beim Lorenz-System, Lorenz 1963, der Fall ist) kann jede Zeitreihe einer Zustandseigenschaft, wenn sie nur genügend lang ist, genutzt werden, um wesentliche Eigenschaften der Dynamik des Systems zu erschließen. Das kann in gewisser Näherung auch noch für höherdimensionale Systeme gelten. Da also im Prinzip unterschiedliche Zeitreihen geeignet sind, Besonderheiten des Systems zu erfassen, liegt es wohl nahe und muss es nicht verwundern, dass es eventuell auch relativ komplexe Zusammenhänge struktureller Art zwischen den unterschiedlichen Zeitreihen geben kann.

(2) Die *charakteristischen zeitlichen und räumlichen Dimensionen* von typischen atmosphärischen Strukturen und Prozessen sind miteinander korreliert in dem Sinne, dass kleinere zeitliche Dimensionen mit kleineren räumlichen Strukturen und größere zeitliche Dimensionen mit größeren räumlichen Strukturen verbunden sind, wie zum Beispiel aus der Abb.1 ersichtlich ist, die ich von H. Fortak (1982) übernommen habe.

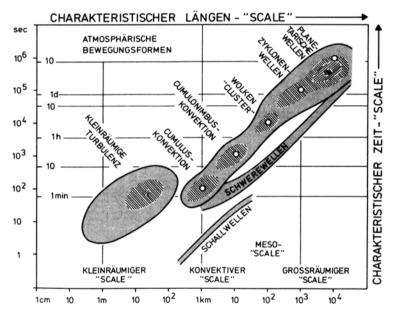


Abb.1: Schematische Darstellung der charakteristischen Längen- und Zeitscales für verschiedene besonders wichtige Bewegungsformen und Prozesse innerhalb der Atmosphäre (nach H. Fortak 1982).

Kurz gesagt: je größer, desto stabiler, desto größer die Lebensdauer. Die kleinräumige Turbulenz hat eine charakteristische Länge von 1 bis 10 m und einen zeitlichen Maßstab von 1 bis 10 Minuten, bei den Schönwettercumuli sind es mehrere hundert Meter und mehrere Minuten, bei einem aus einer Wellenbildung hervorgehenden Tief 1000 km und 2 Tage. Die denkbar großräumigsten Strukturen und Prozesse sind dabei solche von globaler Natur, wie die über die Erdbahnelemente gehenden Einflüsse oder auch die hochreichenden explosiven Vulkanausbrüche. Zu letzteren hatte ich vor etwa 10 Jahren gezeigt

(Böhme 1993 und 1994), dass die globalen Temperaturschwankungen nach solchen Ausbrüchen, trotz ihrer relativ kleinen Amplitude, von denen man denken könnte, dass sie vom allgemeinen Rauschen bald beseitigt würden, jeweils in ihrem Verlauf über mehrere Jahre nachweisbar und auch vorhersagbar sind. Ähnliches gilt wahrscheinlich auch für Störungen oder Besonderheiten der Zirkulation, die eine zeitliche Struktur haben, die sich über sehr große Gebiete erstreckt, wie z.B. die hier behandelten, gleichzeitig auftretenden Strukturen in der "südlichen Oszillation" und über Mitteleuropa.

(3) Die Vorhersage zukünftiger Zustände in der bzw. der Atmosphäre beruht letztlich auf der Verwendung analoger Fälle aus der Vergangenheit. Bei Langfristvorhersagen, wo es noch keine Alternative der numerischen Lösung von Modellen gibt, ist dies offensichtlich. Bei der kurzfristigeren Vorhersage, wo es solche numerischen Lösungen gibt, kann man das Prinzip dieser Vorhersagen auch auf die *Verwendung von Analoga* zurückführen (Böhme 1965).

Ein Vorteil der Aufdeckung und Verwendung von Analoga besteht darin, dass ihre Verwendung z.B. für Prognosen von (meteorologischen) Elementen möglich ist, die jenseits der Elemente liegen, mit deren Hilfe die Analoga gefunden wurden.

(4) Bei Vorhersagen des Verhaltens komplexer dynamischer Systeme ist es zweckmäßig, worauf unser Mitglied Ebeling (u.a. 1994) mehrfach hingewiesen hat, die Vorgeschichte des Systems (also den bekannten vorangehenden Verlauf der Zustandstrajektorie im Phasenraum) zu berücksichtigen. Dabei ist es günstig, von einem größeren Ensemble von Belegen für die Vorgeschichte (d.h. von einer größeren Zahl von Projektionen des Phasenraumes auf unterschiedliche niedrigerdimensionale Räume) auszugehen. Hiermit lässt sich auch die Information über das vorangehende Verhalten umfassender berücksichtigen. Bei dem von uns (Böhme 1998 und 1999, sowie Böhme et al. 2001) eingeführten statistischen Ensembleverfahren (später und im folgenden oft einfach als Ensembleanalysator bezeichnet) für eine Vorhersage der Prädiktanden in Sextilen werden 135 verschiedene Kombinationen von jeweils 5 Daten als Prädiktoren (größer oder kleiner als der Medianwert) aus einem Zeitraum von 27 Monaten verwendet; sie lassen sich, wie ich schon früher dargelegt habe, in 15 Bedingungskomplexe zusammenfassen. Ein perfektes Analogon liegt bei diesem Vorgehen vor, wenn alle 135 Bedingungskombinationen erfüllt sind. Im allgemeinen ist der Perfektionsgrad geringer. – Der Vollständigkeit halber möchte ich noch bemerken, dass die Ergebnisse, die sich bei einer beliebigen Prädiktorenkombination ergeben, nur dann für Vorhersagezwecke berücksichtigt werden, wenn zumindest 4 Analoga für diese Kombination gefunden werden und wenn zugleich die Anzahl der positiven oder negativen Abweichungen vom Medianwert bei den darin enthaltenen Analoga signifikant überwiegt.

(5) Die auftretenden Analoga können zumindest in zweierlei Weise benannt werden: entweder nach dem aufgetretenen Jahr (J) oder nach dem Abstand des aufgetretenen Jahres vom Vorhersagejahr, d.h. also mit dem Analogieabstand (A). Die Benutzung der letzteren Bezeichnung hat u.a. den Vorteil, dass sie beim natürlichen Übergang zum Folgejahr unverändert bleibt. – Für jeden Analogieabstand A wird die Anzahl der Fälle seines signifikanten Auftretens mit Z bezeichnet. Bei jeder Monatsvorhersage werden diejenigen Analogieabstände als beste Analogieabstände hervorgehoben, bei denen entweder die zugeordneten Anzahlen Z größer als 9 sind oder die 5 höchsten Werte haben. Außerdem werden noch alle A mit gleich hohem Z mit einbezogen. Zwei in zwei verschiedenen Zeitreihen (unter den jeweils besten Analogieabständen) gleichzeitig auftretende gleiche Analogieabstände werden als "parallele Analogieabstände" bezeichnet. Eine Illustration hierzu gibt im nachfolgenden Abschnitt die Tabelle 1.

III Gleichzeitige Anwendung des Ensembleanalysators auf verschiedene Zeitreihen

$\Delta T (R_1)$											
A	10	<u>5</u>	<u>51</u>	55	29	<u>11</u>	4	<u>8</u>	28	57	76
Z	38	31	27	25	22	20	17	17	14	12	12
A	<u>107</u>	<u>91</u>									
Z	12	10									
SOI (R ₂)											
A	49	<u>11</u>	20	106	<u>107</u>	<u>5</u>	<u>8</u>	56	62	30	88
Z	26	25	25	24	24	22	20	20	19	18	17
A	15	77	<u>91</u>	89	22	<u>51</u>	97				
Z	15	14	14	13	12	12	12				

Tab. 1: Beste Analogieabstände A zum Januar 2003 für ∆T und SOI mit den Anzahlen Z ihres signifikanten Auftretens. Parallel auftretende Analogieabstände sind unterstrichen.

(1) Der Ensembleanalysator wurde für den Vorhersagemonat Januar 2003 sowohl auf die Zeitreihe R₁ der Abweichung der Monatsmittel der mitteleuro-

päischen Temperatur vom Normalwert ΔT (Baur 1962 und 1975, Pelz et al. 1996 ff) sowie auf die Zeitreihe R_2 des SOI (Bureau of Meteorology, Australia) angewandt.

In der Tabelle 1 sind die besten Analogabstände A mit den Anzahlen Z sowohl für ΔT wie für SOI angeführt: Die parallel auftretenden Analogieabstände sind durch Unterstreichung hervorgehoben. Bei ΔT treten die 6 parallele Analogieabstände in einer Gruppe von insgesamt 13 Fällen bester Analogieabstände auf; sie haben also eine relative Häufigkeit von 6/13 = 0.46. Bei der zweiten Reihe, der Reihe der SOI, treten die 6 parallelen Analogieabstände bei insgesamt 18 Fällen, also mit einer relativen Häufigkeit von 0,333 auf. Diese Häufigkeit des Auftretens paralleler Analoga ist signifikant überzufällig. Die Beweisführung kann durch Anwendung der Bernoullischen Formel für Binomialverteilungen erfolgen.

Hierzu zunächst nur soviel: Es wird die Wahrscheinlichkeit für das zufällige gleichzeitige Auftreten eines Analogabstandes in den beiden Zeitreihen benötigt. Diese Wahrscheinlichkeit ist das Produkt der Wahrscheinlichkeiten für das zufällige Auftreten des Analogieabstandes in jeder der beiden Zeitreihen. Wenn man zu jedem Zeitpunkt jeweils nur das beste Analog von den insgesamt 120 möglichen nehmen würde, wäre jede dieser Wahrscheinlichkeiten 1/120, die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines parallelen Analogs 1/120x1/120 = 0.6944 10⁻⁴.

Da wir aber eine begrenzte Anzahl von besten Analogen in beiden Zeitreihen zulassen, ist die gesuchte Zufallswahrscheinlichkeit für dieses Ereignis größer, und zwar beträgt sie $0.1625\ 10^{-2}$. Der vergrößernde Faktor ist $13\ x\ 18 = 234$.

Die Bernoullische Formel stellt nun die Verbindung zwischen der soeben abgeleiteten Wahrscheinlichkeit des (in unserem Fall des zufälligen) Auftretens des Ereignisses und der Häufigkeit des Auftretens in einer Reihe von unabhängigen (zufälligen) Versuchen dar (Details s. z.B. in J.Taubenheim 1969 oder in C.-D.Schönwiese 2000). Aus der Bernoulli-Formel kann insbesondere mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 1% geschlossen werden, dass für eine Zufallsreihe von 90 Fällen parallele Analoga nur 6 mal oder weniger auftreten dürfen. Unsere Beobachtungen ergaben aber schon für eine Stichprobe von circa 15 Analoga 6 mal das Auftreten von parallelen Analoga, was also sehr dafür spricht, dass dieses Ergebnis nicht zufällig ist. – Dass das Auftreten paralleler Analoga nicht zufällig ist, ist eine Seite (die man wissen muss), die andere ist, ob die dann mit diesen Analoga produzierten Vorhersagen einen kleineren mittleren absoluten Fehler aufweisen als Zufallsvorher-

sagen. Zunächst, unter (2), betrachten wir aber erst einmal ein Beispiel einer Vorhersage, ehe wir dann, unter (4), zur Feststellung des mittleren absoluten Vorhersagefehlers eines hinreichend großen Kollektivs von Vorhersagen übergehen.

(2) Benutzt man zum Beispiel die parallelen Analogabstände von 5, 8, 11 und 51 Jahren bei dem erwähnten Fall Januar 2003 und geht man davon aus, dass so weit reichende Besonderheiten der Atmosphäre längere Zeit bestehen könnten, so kann man den Ablauf der 4 Analoga als mögliche individuelle Fälle, ihre Gesamtheit jeweils als eine "Lösungsfahne" für die Vorhersage von SOI, von ΔT und von ΔR (monatliche Niederschlagsabweichung über Deutschland) ansehen. Dies wird mit der Abb. 2 mit ihren Teilabbildungen a, b, und c illustriert. Der wahrscheinlichste Wert ist dann durch die Medianwerte gegeben, die in den Abbildungen durch ausgefüllte Kreise und ausgezogene Verbindungslinien gekennzeichnet sind. Die ebenfalls mit ausgezogenen Verbindungslinien verbundenen ausgefüllten Rauten zeigen die jeweils eingetretenen Werte an.

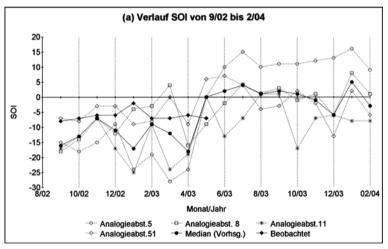


Abb. 2a: Darstellung des Verlaufes des Southern Oscillation Index SOI bei den "parallelen Analogieabständen" von 5, 8, 11 und 51 Jahren als vier potentielle Vorhersagen vom Stichmonat Januar 2003 an durch gestrichelte Linien. – Die Analogieabstände 5, 8, 11 und 51 bedeuten für 2003 die Jahre 1998, 1995, 1992 bzw. 1952.

Die wahrscheinlichste Vorhersage ist dann durch die Medianwerte der vier potentiellen Vorhersagen gegeben, die hier durch ausgefüllte Kreise gekennzeichnet und mit ausgezogenen Geraden verbunden sind. Die ausgefüllten Rauten geben die eingetretenen Werte an, die ebenfalls durch ausgezogene Geraden verbunden sind.

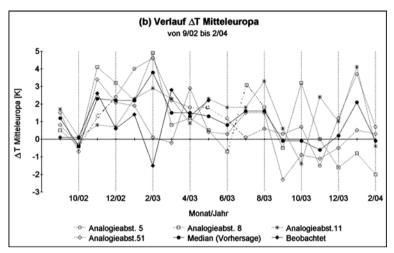


Abb. 2b: Verlauf der Abweichung der mitteleuropäischen Monatsmitteltemperatur ∆T vom langjährigen Mittel (sonst wie Abb. 2a).

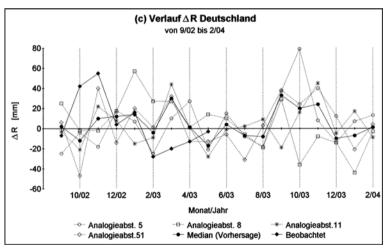


Abb. 2c: Verlauf der Abweichung der Monatsniederschlagssummen Deutschlands △R vom langjährigen Mittel (sonst wie Abb. 2a).

Ende Januar 2003 wurde, ausgehend von diesen Abbildungen, als Beispiel folgende Aussage getroffen:

"Unter der Voraussetzung, dass diese Analoga Fortbestand haben, können folgende Aussagen getroffen werden:

Zum SOI-Index: Der monatliche SOI-Index bleibt bis einschließlich April 2003 noch negativ, d.h. das mäßige El-Niño-Ereignis dieses Winters dauert bis zum April 2003 an. Dann erfolgt bis etwa zum Juli 2003 ein relativ rascher Übergang zu einem Zeitabschnitt mit Werten um oder über Null (also Übergang zu neutralen Verhältnissen in der SO oder auch einem La Niña-Ereignis). Dieser Zeitabschnitt reicht danach bis zum November 2003. Danach setzen größere Fluktuationen ein, mit negativen Werten im Dezember, höheren im Januar 2004 und niedrigeren im Februar 2004. Möglicherweise nähern wir uns hier der Grenze des Fortbestandes der Analoga und damit der Grenze der Vorhersagbarkeit.

Zur Temperatur (Mitteleuropa): Für den Zeitraum bis August 2003 bleibt die starke Tendenz zu positiven Abweichungen bestehen mit einer mittleren positiven Abweichung von 1.5 K. Zum September hin erfolgt dann ein rascher Übergang zu einem Zeitabschnitt mit normalen bis zu niedrigen Temperaturen, der bis einschließlich Dezember 2003 besteht (im Mittel mit einer Abweichung um 0 K oder wenigen Zehnteln K im negativen Bereich).

Zum Niederschlag (Deutschland): Vom Januar bis einschließlich März überwiegt die Tendenz zu erhöhten Niederschlagsmengen. Vom April bis einschließlich August überwiegt die Tendenz zu Trockenperioden (im Mittel pro Monat mit einem Defizit von 5 bis 10 mm), eine Ausnahme könnte am ehesten der Juni 2003 darstellen. Von September bis November gibt es eine Tendenz zu wesentlich erhöhtem Niederschlag (im Mittel pro Monat 20 bis 30 mm)."

(3) Wenn man die zum Monat Juni 2002 auftretenden parallelen Analogieabstände von 11, 30, 51 und 76 Jahren als Basis verwendet und den Ergebnissen auf der Basis der parallelen Analogieabstände vom Januar 2003 (Abb. 3a bzw. 3b bezüglich SOI bzw. ΔT) gegenüberstellt, so kann man feststellen, dass schon wesentliche Teile der charakteristischen Züge der Abläufe der Vorhersage vom 01 2003 vorhanden sind, bei SOI z. B. der relative scharfe Übergang von April zu Juli 2003. Das heißt, wesentliche Züge der Vorhersage vom Januar 2003 konnten schon ein halbes Jahr früher gefunden werden, obwohl nur 50% der parallelen Analoga vom Januar 2003 schon im Juni 2002 vorhanden waren, nämlich die mit den Abständen von 11 und 51 Jahren.

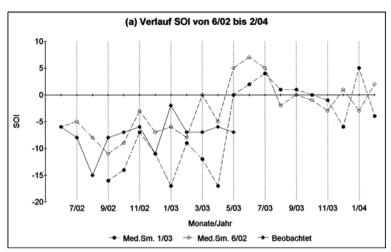


Abb. 3a: Verlauf des SOI- Medianwertes (Med.) der "parallelen Analogieabstände" 5, 8, 11 und 51 Jahre bzw. 11, 30, 51 und 76 Jahre als wahrscheinliche Vorhersagewerte vom Stichmonat Januar 2003 (Sm. 1/03) bzw. vom Stichmonat Juni 2002 (Sm. 6/02) an im Vergleich mit dem Verlauf der eingetretenen, d.h. beobachteten Werte.

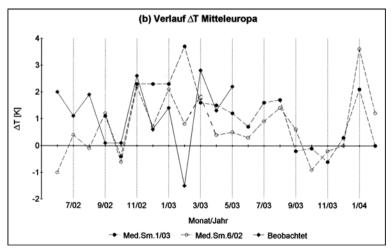


Abb. 3b: Wie Abb. 3a, aber an Stelle der SOI-Werte die mitteleuropäischen Monatstemperaturabweichungen betreffend.

Der eingetretene Verlauf entspricht in beiden Fällen (Abb. 2 und Abb. 3) bei SOI und ΔT über weite Strecken etwa dem Verlauf der Medianwerte der je-

weils 4 parallelen Analoga (bei ΔR ist das weniger klar), obwohl es auch einige deutliche Ausreißer gibt, z.B. hinsichtlich der Temperatur beim Februar 2003. Aber Treffer bei einer einzelnen Vorhersage (auch wenn sie sich wie hier aus Teilvorhersagen über mehrere Monate zusammensetzt) können leicht das Werk des Zufalls sein. Es muß eine größere Zahl von Fällen getestet werden.

(4) Ich habe deshalb aus dem Zeitraum von 1992 bis 2001 achtzehn hinreichend getrennte Stichtermine genommen (so dass verfälschende Persistenzeffekte weitgehend vermieden werden), die als erste Vorhersagemonate nach dem Auftreten neuer Gruppen paralleler Analogieabstände in der Δ- und der SOI-Reihe infrage kommen. Mit den diesen Stichmonaten zugeordneten parallelen Analogieabständen habe ich dann zu jedem Vorhersagemonat jeweils vom 4. Vormonat bis zum 24. Folgemonat aus den Medianwerten der Analoga "Vorhersagen" nachträglich konstruiert. Das Ergebnis zeigt Abb. 4.

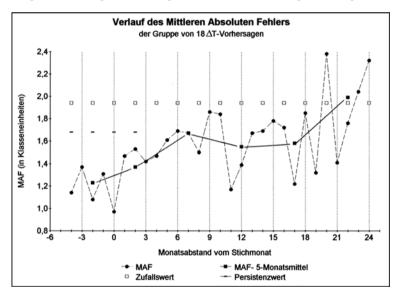


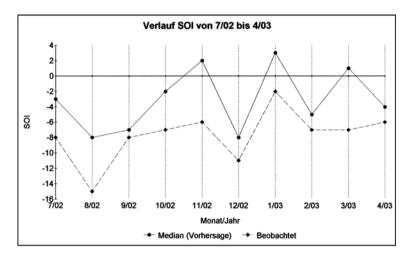
Abb. 4: Die gestrichelte Linie gibt den Verlauf des Mittleren Absoluten Fehlers (MAF) der zu den 18 Stichmonaten gewonnenen Vorhersagen der Monatstemperaturabweichungen (Mediane) aus den jeweilig vorhandenen "parallelen Analogieabständen" in Abhängigkeit vom Abstand zum Stichmonat. Die ausgezogene Linie verbindet die Mittelwerte der MAF über jeweils 5 Monate. Der MAF von Zufallsvorhersagen der Monatsmitteltemperaturabweichungen in Sextilen ist durch die mit offenen Kästchen markierte lange Horizontale markiert. Die kürzere gestrichelte Horizontale kennzeichnet den MAF einer einmonatigen Persistenzvorhersage.

Die gestrichelte Kurve gibt den Mittleren Absoluten Fehler (MAF) der Vorhersagen für jeden Monat (gemittelt aus den 18 Fällen an), die aus längeren geraden Stücken zusammengesetzte Kurve widerspiegelt den Verlauf der Mittel über jeweils 5 Monate. Die obere, aus leeren Kästchen bestehende Horizontale gibt den MAF einer Zufallsvorhersage (bei Verwendung einer Sextil-Klasseneinteilung), die tiefer gelegene kürzere Horizontale den MAF-Wert einer Persistenzvorhersage für jeweils einen Monat. Die Abbildung zeigt, dass der MAF einer Zufallsvorhersage erst nach etwa 22 Monaten erreicht wird. Bis dahin haben die mit den parallelen Analogieabständen gewonnenen Vorhersagen einen niedrigeren MAF.

(5) Es wurden mit dem Ensembleanalysator parallel zur ΔT -Reihe auch die Reihen der zeitlichen Ableitungen ΔDT und ΔDR sowie die Reihe der Nordatlantischen Oszillation (NAO), die eine Schwankung des Luftdrucks zwischen Südwest-Island und etwa Gibraltar ist, untersucht. Die Reihen der zeitlichen Ableitungen geben gelegentlich Beiträge zum Auftreten von parallelen Analogabständen. Hinsichtlich der Nordatlantischen Oszillation wurden Daten benutzt, die von Jones (Jones, P.D., et al. 1997) bereitgestellt und über das Internet auf dem Laufenden gehalten werden. Der Effekt der NAO-Reihe ist erstaunlich schwach und liefert kaum Beiträge für großräumigere Analogien. Vermutlich kann man aus dem gegensätzlichen Verhalten von SO und NAO schließen, dass die Tropen einen großräumigeren Einfluss bei der Bildung von Analoga und Analogieabständen haben als die höheren Breiten, was wohl nicht nur mit der größeren Fläche, die die Tropen einnehmen, sondern vor allem mit dem größeren Energieumsatz zusammenhängt. Ein eventueller Einfluss der Sonnenaktivität, der durch das Auftreten von entsprechenden Analogieabständen wie z.B.10, 11, 43, 55, 89 und um 110 Jahre nahegelegt wird, dürfte sich wahrscheinlich auch über die Tropen abwickeln.

IV Weitere Anwendungen und Schlussfolgerungen:

- (1) Die genauere Betrachtung der oben erwähnten 18 untersuchten Fälle gibt unter anderem Hinweise, die weiteres prognostisches Potential betreffen, die aber in diesem Beitrag nicht im Detail verfolgt werden, z.T. auch weil das behandelte Material noch nicht umfangreich genug ist:
- Über die aufeinanderfolgenden behandelten Fälle lässt sich, wie schon in III an einem Beispiel erwähnt ist, verfolgen, wie sich bestimmte charakteristische Züge des Ablaufs der Vorhersage (z.B. des SOI und der Monatsmitteltemperatur über Mitteleuropa) mit der Zeit entwickeln.



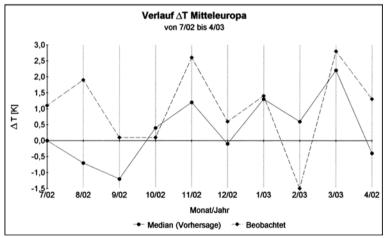


Abb. 5: Ein Zeitabschnitt positiver Korrelation im Winterhalbjahr 2002/2003 zwischen den Verläufen des SOI (oben) und den Abweichungen der mitteleuropäischen Monatsmitteltemperatur AT (unten) aus dem Ablauf der "parallelen Analoga" 90, 12, 32, 1 und 72, die zum Stichmonat Oktober 2001 gefunden wurden.

Von besonderem Interesse sind dabei sprunghafte positive und negative Änderungen des SOI und das zeitweilige Auftreten einer 2-monatigen Periode sowohl bei SOI wie bei der Temperatur Mitteleuropas über einige Monate hinweg. Das letztere will ich hier an einem Beispiel illustrieren (Abb. 5). Erstaunlicherweise wird mit den parallelen Analogieabständen

vom Oktober 2001, das sind 90, 12, 32, 1 und 73 Jahre, für das Winterhalbjahr 2002/2003 eine hohe positive Korrelation zwischen dem Ablauf des SOI und der mitteleuropäischen Temperaturanomalie sowohl für die Vorhersagen wie auch für die eingetroffenen Werte erreicht, und zwar besonders deutlich zwischen Oktober 2002 und Februar 2003. Stärkere El-Niño-Erscheinungen sind in diesem Fall unerwarteter Weise mit niedrigeren Temperaturen in Mitteleuropa verbunden.

- Merkliche Änderungen des Verlaufs von SOI (insbesondere dauerhafter Wechsel des Vorzeichens) konzentrieren sich auf den Übergang von April zu Mai, relativ hoch ist die Häufigkeit auch bei den Übergängen von Februar zu März und von November zu Dezember. Sehr selten sind merkliche Änderungen beim Übergang vom Januar zum Februar und beim Übergang vom Juli zum August.
- Es gibt Anzeichen dafür, dass bestimmte Änderungen des SOI mit einer Verzögerung um 4 bis 7 Monate von charakteristischen Änderungen der mitteleuropäischen Temperatur gefolgt werden, zum Beispiel gibt es Fälle, wo der Abbruch des El Niño im Frühjahr von einer Abkühlung in Mitteleuropa etwa 5 Monate später gefolgt wird, womit dann für einige Zeit ein niedrigeres Plateau erreicht wird.
- Parallele Analogieabstände mit einem relativ geringen Abstand oder/und mit einem ganzen Vielfachen des Sonnenfleckenzyklus haben häufig eine relativ hohe Vorhersagegüte.
- (2) In diesem Abschnitt möchte ich noch ein wahrscheinlich weiteres wichtiges Ergebnis vorstellen. Da bisher verschiedentlich gezeigt werden konnte (siehe auch Böhme 1998 und 1999 sowie Böhme et al. 2001), dass sich die mit Hilfe der Anwendung der Ensemblemethode auf statistische Verfahren festgestellten Analogien für die mehrmonatige Vorhersage der mitteleuropäischen Mitteltemperatur eignen, war es naheliegend, zu versuchen, erkannte Analoga (als Analogieabstände) auch für mittelfristige Witterungsvorhersagen über einige 10-Tagebereiche bis zu etwa 2 Monaten anzuwenden. Ich hatte dies bisher schon mehrfach ohne wesentlichen Erfolg versucht.

Das Problem, das dabei zum Hindernis wird, besteht darin, dass eine große Anzahl gleichberechtigter Analoga aus dem Ablauf der mitteleuropäischen Witterung über die (jeweils) letzten 5 Tage (im folgenden der Kürze halber Witterungsanaloga bzw. Witterungsanalogieabstände genannt) angegeben werden kann, von denen viele nur kurzen Bestand, einige wenige aber eine lange Lebensdauer haben. Welche sind es aber, die eine solche Eigenschaft haben? Die Antwort liegt jetzt schon nahe.

Zuvor halte ich es der Klarheit halber für zweckmäßig, einige Erläuterungen zur Bestimmung der Witterungsanaloga einzuflechten. Diese Witterungsanaloga können z.B. auf folgender Basis objektiv bestimmt werden: In Betracht gezogen werden über die 5 einzelnen Tage die "3 Elemente" Temperatur, Niederschlag und Großwetterlage. Die Bewertung der Ähnlichkeit wird für jedes Element auf objektive Weise vorgenommen, wobei die Einzelheiten hier jetzt nicht aufgeführt werden. Bei voller Ähnlichkeit bringt jedes Element für einen Tag den Wert 1 ein. Wenn die volle Ähnlichkeit bei allen 3 Elementen über 5 Tage besteht, ist die Ähnlichkeit maximal und hat den Wert 15: natürlich lässt sich das auch in Prozent ausdrücken.

Nachdem es nunmehr aus theoretischen Gründen und mit der gesammelten Erfahrung von parallelen Analogieabständen bei verschiedenen Monats-Zeitreihen aus unterschiedlichen Regionen sicher erscheint, dass vor allem weiträumig verbreitet auftretende Analogieabstände stabil sind und eine relativ hohe Lebensdauer haben, müssten jetzt Fortschritte bei der Lösung dieser Aufgabe zu erreichen sein. Dass es so ist, kann tatsächlich gezeigt werden, wenn man die oben erwähnten Witterungsanaloge mit den parallelen Analogien der SOI und der mitteleuropäischen Monatstemperaturzeitreihen vergleicht: Diejenigen Witterungsanomalien sind auszuwählen und für die längerfristige Witterungsvorhersage zu nutzen, die auch bei den beiden genannten Monatsdatenreihen über einige Monate hin auftreten. Diese Witterungsanalogien können als großräumig gestützte Witterungsanalogien bezeichnet werden (gA). Der Vergleich der relativen Häufigkeit der gA zur Gesamtzahl der aufgetreten Witterungsanomalien oberhalb eines bestimmten (von Fall zu Fall unterschiedlichen) Ähnlichkeitswerts erweist sich als signifikant größer als die durch Zufall zu erwartende Häufigkeit.

Diese Aussagen werden im folgenden an einem Beispiel erläutert. Das Beispiel umfasst die 12 Fälle von 5-Tagezeiträumen der Monate April und Mai 2003. Für den April waren die folgenden 9 parallelen Analogieabstände 5, 8, 10, 11, 22, 29, 43, 51 und 55 Jahre gültig, für den Mai kamen noch die Analogieabstände 1 und 4 Jahre hinzu. Für die erste Pentade des April traten unter den 23 Fällen von Witterungsanalogen 3 auch als parallele Analogieabstände, d.h. als großräumig gestützte Witterungsanalogien (nämlich 55, 29 und 22; 55 dabei mit dem Ähnlichkeitswert 15) auf. Die relative Häufigkeit betrug 3/23 = 0.130. Wir können wieder das Prinzip der im Abschnitt III (1) vorgenommenen Abschätzungen verwenden: Danach durfte bei einer Anzahl von 30 oder weniger Fällen bei einer zugelassenen Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 oder weniger Prozent gerade noch ein Mal ein paralleles Analogon auf-

treten. Wir haben hier aber 3, so dass es sehr wenig wahrscheinlich ist, dass es sich um Zufall beim Auftreten der parallelen Analoga handelt. Bei den 12 Fällen von April und Mai 2003 ergab sich im Mittel für das Auftreten von Analoga, die auch unter den parallelen Analoga vorkamen, also als großräumig gestützt zu bezeichnen sind, ein Durchschnittswert von 3,67 Fällen mit einer Streuung s von 1,23 Fällen. Die Vertrauensgrenzen des Durchschnitts der 12 Werte für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 1% sind dann 2,53 und 4.37 Fälle. Der Durchschnitt des Auftretens paralleler Analoga liegt also mit hoher Wahrscheinlichkeit deutlich höher als 2. Damit wird unterstützt, dass die ausgewiesenen gA für Witterungsvorhersagen infrage kommen:

Zum Beispiel ergab sich zum 30.4.2003 unter Verwendung der großräumig gestützten Analogieabstände 1, 5, 10, 11, 22 und 55 Jahre die Aussage für den Berliner Raum:

"Unter der Voraussetzung, dass die gegenwärtigen großräumig gestützten Analogien bestehen bleiben, wird die gegenwärtige meist relativ warme und antizyklonale Witterung mit südlicher Komponente etwa bis zum 9.Juni (Pfingsten) fortdauern, etwas häufiger treten Niederschläge vom 24. Mai an auf. Um Pfingsten findet der Übergang zu einer kühleren und feuchteren Westwetterlage statt, die dann vom 23.Juni an über eine Nordlage zu einer schwachgradientigen Lage über Mitteleuropa (anfangs eher Hoch Mitteleuropa, später eher Tief Mitteleuropa) führt".

- (3) Nun noch einige Empfehlungen für weitere Arbeiten (unter Berücksichtigung von Vorschlägen in der Diskussion zu diesem Vortrag):
- a) Zunächst sollte ein größeres Kollektiv solcher Witterungsvorhersagen geschaffen bzw. betrachtet werden, um den Gewinn an Information abzuschätzen, der mit den Vorhersagen unter Nutzung der großräumig gestützten Witterungsanalogien erhältlich ist.
- b) K. Lanius schlug vor, dass die vorgestellte Methode zur Untersuchung der Auswirkung der Südlichen Oszillation als weiterer Test auf meteorologische Zeitreihen aus Gebieten, in denen eine klassische Auswirkung der SO bekannt ist, angewandt werden sollte.
- c) K. Bernhardt schlug vor, dass die verwendeten Zeitreihen einer Wavelet-Analyse oder einer Maximum-Entropie-Spektralanalyse unterzogen werden, unter anderem um zu klären, ob die gefundenen parallelen Analoga sich auch mit diesen Methoden finden lassen.
- d) Die Ergebnisse lassen es geraten erscheinen, vordringlich zu prüfen, ob parallele Analogien auch zwischen der Sonnenaktivität und irdischen Zirkulationsvorgängen bestehen.

- e) Die nachgewiesene Existenz von parallelen Analogieabständen in der Erdatmosphäre und ihre hohe praktische Bedeutung stellen eine Herausforderung an die weitere Entwicklung numerischer Wetter- und Klimamodelle dar. Mit Lösungen von zukünftigen Modellen sollte ebenfalls die Existenz paralleler Analogieabstände in unterschiedlichen, mit solchen Modellen gewonnenen Zeitreihen nachweisbar sein.
- f) Aus den anfangs gegebenen grundsätzlichen Überlegungen zum Verhalten der Atmosphäre als ein komplexes dynamisches System und aus den Erfahrungen, die an praktischen Anwendungsbeispielen gesammelt wurden, kann man folgern, dass das Auftreten paralleler Analoge auch in anderen komplexen dynamischen Systemen mit Selbstorganisation für prognostische Aussagen genutzt werden kann, wenn das System nur ausgedehnt genug und eine Kopplung der Teilsysteme vorhanden ist.

Literatur

- Ångström, A., 1953: Teleconnections of climate changes in present time. Geografiska Annaler, 17, 242-258.
- Baur, F., 1962: Abweichungen der Monatsmittel der Temperatur Mitteleuropas. -In Linke: Meteorologisches Taschenbuch Neue Ausgabe I, Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig, 740-745.
- Baur, F., 1975: Abweichungen der Monatsmittel der Temperatur Mitteleuropas vom 210jährigen Mittelwert 1761–1970 in °C. Als Beilage zur Berliner Wetterkarte des Instituts für Meteorologie der Freien Universität Berlin 76/75, Tabelle 1 vom 24.6.1975.
- Berlage, H.P., 1957: Fluctuations in the general atmospheric circulation of more than one year, their nature and prognostic value. Mededlingen en Verhandelingen Nr. 69, Koninklijk Meteorologische Instituut, Niederlande.
- Bjerknes, J., 1969: Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. Monthly Weather Review 97, 163–172.
- Blanford, H.F., 1880: On the barometric seesaw between Russia and India. Nature Nr.21.
- Böhme, W., 1965: Statistische Methoden in der atmosphärischen Dynamik und der Wettervorhersage. Zeitschrift für Meteorologie, Band 17, Supplementheft, 53-62.
- Böhme, W., 1993: Untersuchungen zur Reaktion des Klimasystems auf große vulkanische Eruptionen mittels Phasenebenen-Darstellungen. Meteorol. Zeitschrift N.F. 2, 76-80.
- Böhme, W., 1994: Comparison study of the response of the climate system to major Volcanic eruptions and El Niño events. In: Grasman, J., van Straten, G. (Hrsg). Predictability and nonlinear modelling in natural sciences and economics. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 65–85.

Böhme, W., 1998: Atmosphärische Zirkulation und Chaos. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät Band 24, Heft 5, 151–182.

- Böhme, W., 1999: Anwendung der Methoden der Ensemblevorhersage bei komplexen dynamischen Systemen auf statistische Verfahren. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät Band 30, 145–151.
- Böhme, W., Enke, W., und Witt, A., 2001: Ein Zugang zur Langfristvorhersage mittels Nutzung von Ensembles unterschiedlicher Projektionen des Phasenraumes? Deutsch-Österreichisch-Schweizerische Meteorologische Tagung 18. bis 21. September 2001. Österreichische Beiträge zur Meteorologie und Geophysik, Heft Nr. 27/Publ.-Nr. 399.
- Bureau of Meteorology, Australia: Southern Oscillation Index 1876 to present. http://www.bom.gov.au./climate/current/sointml.sntml.
- De Bort, T., 1880: Ètude sur les causes qui de'terminant la circulation de l'atmosphère. Ass. Franc. pur l'Ado. des Sci., Congress de Reims, Nr.44.
- Diaz, H.F. und Markgraf, V. (Hrsg.), 1992: El Niño, historical and paleoclimatic aspects of the southern oscillation. Cambridge University Press, 476 S.
- Ebeling, W.,1994: Entropie, Vorhersagbarkeit und nichtlineare Dynamik. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Heft 1 / 2, 33–50.
- Ebeling, W., und Lanius, K., 2000: Zur Vorhersagbarkeit komplexer Prozesse. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät Band 42, Heft 7, 5–26.
- Fortak, H., 1982: Meteorologie. Dietrich-Reimer Verlag, Berlin, 294 S.
- Gassmann, F., 1991: Chaos und Ordnung in natürlichen Systemen. In K.Hutter (Hrsg.): Dynamik umweltrelevanter Systeme. Springer-Verl. Berlin Heidelberg New York, 369–420.
- Glantz, M.H., Katz, R.W. und Nicholls, N. (Hrsg.), 1991: Teleconnections linking worldwide climate anomalies. Cambridge University Press, 535 S.
- Graf, H.-F, 1991: Telekonnektionen und el Niño/Südliche Oszillation (ENSO). In Hupfer,P. (Hrsg.). Das Klimasystem der Erde. Akad. Verlag, Berlin, 145–156.
- Hann, J.,1890: Zur Witterungsgeschichte von Nordgrönland, Westküste. Meteorologische Zeitschrift 7, 109–115.
- Hildebrandsson, H.H., 1897: Quelques recherches sur les centres d'action de l'atmosphère. Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, Nr.29, 33 S.
- Jones, P.D., Jonsson; T. und Wheeler, D., 1997: Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland. Int. J. Climatol 17, 1433–1450.
 - $http://www.cru.uea.ac.uk/\!\!\sim\!\!timo/projpages/nao_update.htm$
- Kiladis, G.S. und Diaz, H.F., 1989: Global climatic anomalies associated with extremes of the Southern Oscillation. Journal of Climate, 2, 1069–1090.
- Kluge, J., 1991: Die Bjerknes'sche und die Schmauß'sche Auffassung des Problems der Wettervorhersage aus heutiger Sicht. Zeitschrift für Meteorologie 42, 65–75.
- Lorenz, E., 1963: Deterministic nonperiodic flow. J. Atm. Sci.20, 130-141.
- Ott, E., 1993: Chaos in dynamical systems. Cambridge University Press.

- Pelz, J., Rüge, U. und Schlaak, P., 1996(ff): Zur Fortführung der von F. Baur im Jahre 1975 veröffentlichten Temperaturreihe für Mitteleuropa ab 1761 und der Niederschlagsreihe für Deutschland westlich der Oder ab 1851. Beilage zur Berliner Wetterkarte des Instituts für Meteorologie der Freien Universität Berlin 50/96 vom 30.4.1996, 3 S.
- Rogers, J.C., 1984: The association between the North Atlantic Oscillation and the Southern Oscillation in the Northern Hemisphere. Monthly Weather Review 112, 1999-2015.
- Schönwiese, C.-D., 2000: Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler. Verlag Gebrüder Bornträger Berlin und Stuttgart, insbesondere S.67-72.
- Takens, F., 1981: Detecting strange attractors in turbulence. In: Dynamical Systems and Turbulence. Springer-Verlag Berlin 366-381.
- Taubenheim, J., 1969: Statistische Auswertung geophysikalischer und meteorologischer Daten. Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig, insbesondere S. 27–34.
- Walker, G.T., 1924: Correlation in seasonal variations of weather, IX: A further study of world weather. Memoirs of the Indian Meteorological Department, 24, 275-332.
- Walker, G.T. und Bliss, E.W., 1932: World weather V. Memoirs of the Royal Meteorological Society, IV, 53-84.

Das Kuratorium der Stiftung der Freunde der Leibniz-Sozietät e.V. hatte sich im Frühjahr 2003 an jene Mitglieder der Leibniz-Sozietät gewandt, die beruflich (noch) stark beansprucht sind und sie gebeten, in einem kürzeren Beitrag über ihre wissenschaftliche Arbeit zu berichten und Fragen zu nennen, die aus ihrer Sicht in der Leibniz-Sozietät diskutiert und weiter bearbeitet werden sollten. Inzwischen ist eine Reihe von Beiträgen eingegangen. Wir drucken in diesem Band die Einsendungen von Klaus Hartmann, Werner Krause u.a., Wilfried Schröder und Bernd Wilhelmi ab.

Klaus Hartmann

Neue Technologien zur Reduzierung des CO₂-Gehaltes von Rauchgasen aus Kraftwerken und anderen CO₂-haltigen Gasströmen

Einleitung und Übersicht

Naturgase (Erdgase), Verbrennungsgase fossiler Kraftwerke (Rauchgase) und synthetisch hergestellte Gase für großtechnische Synthesen (Synthesegase) und neuerdings auch für moderne Kraftwerkstechnologien (IGCC) enthalten Kohlendioxid ($\rm CO_2$) in unterschiedlichen Konzentrationen – von Bruchteilen von Prozenten bis 20 % und mehr.

Während das Kohlendioxid aus den so genannten sauren Erdgasen und den Synthesegasen im Verlaufe der Gasaufbereitung vor der weiteren Nutzung entfernt wird, verlassen Rauchgase ohne jegliche CO₂-Reduzierung die mit fossilen Kohlenstoffträgern betriebenen Kraftwerke.

Dabei hat insbesondere die mit der Nutzung fossiler Kohlenstoffträger für Industrie, Verkehr und Haushalt verbundene Emission klimarelevanter Gase, speziell des Kohlendioxids ($\rm CO_2$) zur bedrohlichen Veränderung des Klimas beigetragen. Gegenwärtig (2002) beträgt die $\rm CO_2$ -Emission 25 Milliarden Tonnen im Jahr (mit einer weltweiten jährlichen Steigerungsrate von 1,3 %, in den OECD-Ländern allerdings von nur 0,18 %), über die Hälfte davon fällt bei der Bereitstellung von Energie in Kraftwerken unterschiedlichster Art an, aber selbst die Herstellung "umweltfreundlicher" Energiesysteme wie Windräder und Photovoltaik-Anlagen ist mit der Emission gewaltiger $\rm CO_2$ -Mengen verbunden. Da die $\rm CO_2$ -verbrauchenden natürlichen Biosysteme nur

112 Klaus Hartmann

gegrenzt höhere Kohlendioxidmengen verarbeiten können, besteht der einzige Weg der CO₂-Reduzierung (außer der Erhöhung des Wirkungsgrades der Kraftwerke, der konsequenten Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung und der Energieeinsparung natürlich) darin, dass das bei der Verbrennung fossiler Kohlenstoffträger in stationären Anlagen wie Kraftwerken, Industrieöfen, Chemiebetrieben u.a. entstehende CO₂ (je nach Art des Kohlenstoffträgers und des Kraftwerks mit einer Konzentration von 3 bis 15%) abzutrennen und entweder stofflich weiter zu nutzen (z.B. für die Herstellung von Methanol oder Harnstoff) oder sicher zu lagern (in der Tiefsee, in Untergrundspeichern und in Bohrlöchern der Erdöl- oder Erdgasförderung, um deren Ausbeutungsgrad zu erhöhen).

Kohlendioxid aus mit fossilen Kohlenstoffträgern betriebenen Kraftwerken

Bei der Verbrennung fossiler Kohlenstoffträger in Kraftwerken (Kohle, Öl, Gas) entsteht naturgesetzlich Kohlendioxid, wobei die spezifischen Emissionen je nach Kohlenstoffträger in großen Bereichen variieren (Abbildung 1).

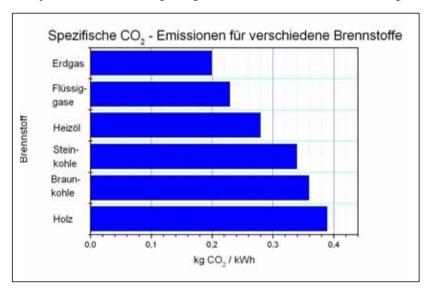


Abb. 1: Spezifische Emissionen wichtiger Brennstoffe in kg CO2/kWh

Am geringsten sind die Emissionen bei Erdgas befeuerten Anlagen, am höchsten in mit Holz- bzw. Biomasse betriebenen Anlagen. Außerdem vari-

iert in Abhängigkeit vom Wirkungsgrad der Kraftwerke (KW) die CO₂-Emission in relativ breiten Grenzen. Eine Verbesserung des Wirkungsgrades von z.Z. durchschnittlich 35 % auf 50 % (bei Erdgas befeuerten GuD-KW sind Steigerungen auf 65 % und bei Kohle befeuerten GuD-KW auf 60 % möglich) führt zu einer CO₂-Verminderung von ungefähr 30%.

Geht man davon aus, dass rund 20% des gesamten Kraftwerkparks weltweit älter als 30 Jahre sind, so ergibt sich bei Ersatz- und Neuinvestitionen die Möglichkeit, moderne KW mit hohen Wirkungsgraden zu errichten und beträchtliche $\rm CO_2$ -Einsparungen zu erreichen. So werden Reduktionspotentiale beim Ersatz der alten Anlagen durch GuD-Kombikraftwerke von 3,6 Mrd t $\rm CO_2$ /a erwartet.

Rauchgase Erdgas betriebener KW enthalten 3 bis 5 % CO₂, die der Kohle befeuerten KW 13 bis 15 %.

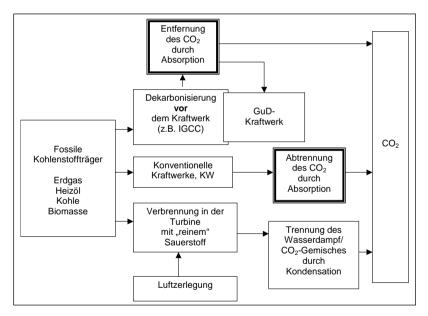


Abb. 2 : Wege des fossilen Kohlenstoffes in den verschiedenen KW

Es sind verschiedene Möglichkeiten zur "Dekarbonisierung" fossiler Kohlenstoffträger bekannt und großtechnisch erprobt (Abbildung 2). Der in den fossilen Kohlenstoffträgern vorhandene Kohlenstoff kann einerseits bereits vor der Verbrennung in der Gasturbine abgetrennt werden, analog wie bei der Her-

stellung von Synthesegas für Ammoniak in so genannten Gas-/Dampfturbinen-Kombi-Kraftwerken mit integrierter Kohlevergasung unter Druck (Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC). Das bei den Umwandlungsprozessen (über CO und anschließende Wasserdampfreaktion) anfallende CO₂ muss vor der Verbrennung aus dem Rohgas absorptiv abgetrennt werden. Da das Rohgas danach im wesentlichen nur noch Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff enthält, sind die Verbrennungsprodukte Wasser und Stickstoff sowie Reste des Sauerstoffs. Bei diesem Weg der Dekarbonisierung fallen je t Wasserstoff ungefähr 10 t CO₂ an, die abgetrennt werden müssen.

Die Mehrzahl der bisher betriebenen konventionellen Dampfkraftwerke (DKW) beruht auf der Verbrennung des Kohlenstoffträgers mit Luft und der Bildung von Rauchgas, einem Gemisch von Stickstoff, NOx, SO₂, CO₂ und Wasserdampf, aus dem z.Z. nur SO₂ und Stickoxide entfernt werden. Für diese DKW ist die nachträgliche Abtrennung des CO₂ die einzige Möglichkeit der Reduzierung der Kohlendioxid-Emission.

Bei Erdgas befeuerten Gas- und Dampfturbinen Kombikraftwerken (NG-CC) sind moderne Kraftwerksstrukturen bekannt, bei denen die Verbrennung nicht mit Luft erfolgt, sondern mit reinem oder angereichertem Sauerstoff (Oxyfuel), der in einer integrierten Luftzerlegungsanlage bereitgestellt wird. Die Verbrennungsprodukte sind dabei Wasserdampf und CO₂, die sich relativ einfach durch Kondensation des Wasserdampfes trennen lassen. Diese Option ist auch beim Einsatz anderer Kohlenstoffträger wie Kohle möglich.

Kohlendioxid in Erdgasen

Unbehandeltes Erdgas ist ein Gemisch aus Kohlenwasserstoffen mit Anteilen von nicht brennbaren Gasen wie Kohlendioxid (CO_2) und Stickstoff (N_2), außerdem sind geringe Anteile von Schwefelverbindungen wie zum Beispiel Schwefelwasserstoff (H_2S) bei einigen Erdgasen möglich. Der Hauptbestandteil ist Methan mit oft mehr als 90 %. Für die industrielle Nutzung ist eine Reinigung der Erdgase notwendig, um die unerwünschten Bestandteile wie H_2S und CO_2 zu entfernen.

Im Jahre 2002 wurden rund 2 Billionen Nm³ Erdgas gefördert, rund ein Drittel davon sind Sauergase, die einer speziellen Behandlung unterworfen werden müssen. Bei der Erdgasreinigung werden vorzugsweise Druckgaswäschen eingesetzt, dabei wird das Erdgas, das in der Regel unter hohem Druck (30 bis 200 bar) anliegt, mit einem Lösungsmittelgemisch gereinigt (bevorzugt Alkanoamine).

Saure Erdgase und Rauchgase liegen bezüglich des Kohlendioxid-Gehalts in ähnlichen Größenordnungen. Der Partialdruck des ${\rm CO_2}$ im sauren Erdgas ist jedoch mehr als zehnmal höher als im Rauchgas eines konventionellen KW, ebenfalls der Betriebsdruck, der beim Rauchgas bei Umgebungsdruck liegt.

Obwohl es prinzipiell mehrere Möglichkeiten gibt, das CO₂ aus Rauchgasen und Synthesegasen zu entfernen, z.B. durch

- Absorption,
- · Adsorption,
- Membrantrennverfahren und deren Kombinationen mit anderen,
- Tieftemperaturdestillation u.a. (Tabelle 1),

besteht z.Z. der einzige großtechnisch gangbare Weg darin, das CO_2 aus den riesigen Mengen des anfallenden Rauchgases eines konventionellen Kraftwerks in einer speziellen Absorptionsanlage durch ein geeignetes Lösungsmittel selektiv abzutrennen (ein modernes 360 MW Erdgas befeuertes Kraftwerk emittiert ungefähr 1 Mio t CO_2 im Jahr).

Kraftwerkstyp/	Wirkungs-	Gestehungs-	Kosten je	Emissions-
Verfahren der	grad (%)	kosten	abgetrennte	rate des CO ₂
CO ₂ -Abtrennung		(\$/MWh)	t CO ₂ (\$/t)	(gCO ₂ /kWh)
DKW mit Entschwefelung,	40	49.0	-	829
(Unterkrit.Dampfparameter) Basisvariante				
Abtrennung mit Membranen	31	77.6	45.0	194
Abtrennung durch Absorption (MEA)	29	74.0	35.0	116
Abtrennung durch Adsorption (Druckwechselverfahren)	28	114	84	57
Abtrennung durch Adsorption (Temperaturwechselverfahren)	29	179	264	335

Tab. 1: Vergleich von Verfahren zur CO₂-Abtrennung für ein Dampfkraftwerk

In einer Studie des IEA Greenhouse Gas R&D-Programms [1] wurden die verschiedenen Trennverfahren für unterschiedliche Kraftwerktechnologien für ein Kraftwerk mit 500 MW_{el} und zwei Kohlenstoffträger – schwefelfreies Erdgas (Methangehalt 82 Vol%, höhere Kohlenwasserstoffe 16,4 %) sowie Steinkohle (unterer Heizwert 25,85 MJ/kg, Feuchte 9,5 Gew%, C-Gehalt 82,5 %) bezüglich der Kosten und erreichbaren Parameter einer CO₂-Abtrennung untersucht und bewertet. Aus den Ergebnissen, Tabelle 2 und 3, folgt,

dass die absorptive Abtrennung des Kohlendioxids mit Abstand die günstigste Technologie ist.

Kraftwerkstyp/	DKW	NGCC	IGCC	IGCC/
Abtrennung des CO ₂	(konventio-	(Erdgas)	(Kohleverga-	Absorbens
durch	nell)		sung)	Selexol
Absorption			CO ₂ -Abtr.	
			vor Verbren-	
			nung	
Wirkungsgrad der Basis-	40	52	42	42
variante				
Wirkungsgrad mit Abtren-	29	42	28	36
nung				
Abtrennung des CO ₂ in %	90	85	90	82
CO ₂ im Produkt (%)	99.2	99.4	99.8	96
Kosten je abgetrennte t	35	55	87	23
CO ₂ (\$/t)				
Gestehungskosten des	49	35	53	53
Stromes der Basisvariante				
(\$/MWh)				
Gestehungskosten des	74	53	112	63
Stromes mit Abtrennung				
(\$/MWh)				
Kostenerhöhung in %	51	51	111	19
Spez. Investitionskosten				
(\$/kW)				
Basisvariante	1058	702	1561	1561
Variante mit Abtrennung	1842	1367	3254	2400
Kostenerhöhung in %	74	95	108	54

Tab. 2: Vergleich der absorptiven CO₂-Abtrennung für unterschiedliche KW-Typen

Die Kosten für die nachträgliche Abtrennung des Kohlendioxids aus Rauchgasen liegen mit 35 %t CO $_2$ noch sehr hoch, eine Reduzierung auf 10 %t CO $_2$ gilt als Schwellwert für eine akzeptable wirtschaftliche Einführung dieser Verfahren.

Eine Verringerung der Abtrennungskosten für das Kohlendioxid aus Rauchgasen erfordert wesentliche Verbesserungen der Absorptionsverfahren. Eine Richtung besteht dabei in der Suche verbesserter Lösungsmittel und der Senkung von Verlusten, eine zweite Richtung besteht in der Einführung

neuer hocheffektiver Apparate-Konstruktionen, die für hohe Durchsätze ge-
eignet sind und die Investitionskosten wesentlich reduzieren können.

Druck,	Spezi-	Durchsatz	Kolonnendurchmesser, m			
bar	fischer	je m ²	Bodenfläche, m ²			
	Durchsatz je KTE,	Kolonnen-	Durchsatz, Nm ³ /h			
	Nm ³ /h	Fläche/h	1 m	2 m	3 m	4 m
	INIII /II		$0,785 \text{ m}^2$	$3,14 \text{ m}^2$	7 m^2	$12,56 \text{ m}^2$
1	317	22.200	17.400	69.700	157.000	278.700
30	1.600	112.000	87.900	351.700	784.000	1.406.700
50	2.350	164.500	128.700	516.500	1.148.000	2.066.000
80	3.000	210.000	165.000	660.000	1.470.000	2.637.000

Tab. 3: Parameter moderner Absorberkolonnen mit HighspeedTray-Elementen

Im weiteren werden neue Entwicklungen vorgestellt, die Möglichkeiten eröffnen, Kohlendioxid aus Rauchgasen (und anderen CO₂-haltigen Gasen) kostengünstig abzutrennen und einen Beitrag zur Reduzierung der Erdatmosphäre mit CO₂ bereits jetzt leisten.

Absorptive Abtrennung des Kohlendioxids

Bei der Absorption handelt es sich um ein thermisches Trennverfahren. Dabei werden ein oder mehrere gas- bzw. dampfförmige Stoffe von einer Flüssigkeit aufgenommen. Die Flüssigkeit, welche die abzutrennende Komponente aufnimmt, wird Lösungs- oder Waschmittel bzw. auch Absorbens genannt. Man unterscheidet zwei Arten der Absorption, die physikalische und die chemische Absorption.

Die jeweiligen Einsatzgebiete der beiden Absorptionsverfahren richten sich danach, wie hoch die Konzentration (d.h. der Partialdruck) des CO_2 im Rohgas ist (Abbildung 3).

Das Rohgas (Abbildung 4), wird dem Absorber zugeführt und dort mit dem Waschmittel in Kontakt gebracht. Die Löslichkeit eines Gases im Waschmittel wird stark von dem vorherrschenden Druck und der Temperatur bestimmt. So wirkt sich auf den Lösungsprozess niedrige Temperatur sowie ein erhöhter Druck begünstigend aus. Die Absorption sollte deshalb vorzugsweise unter erhöhtem Druck (30 bar und mehr) durchgeführt werden. Rauchgase aus konventionellen DKW liegen jedoch meist bei Umgebungsdruck vor. Geht man aber davon aus, dass das aus den Rauchgasen abgetrennte

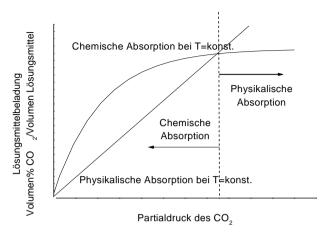


Abb. 3: Einsatzgebiete für die chemische und physikalische Absorption in Abhängigkeit vom Partialdruck

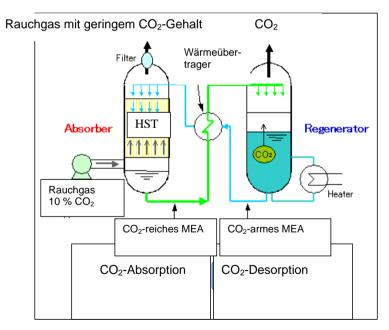


Abb. 4: Absorptions an lage zur selektiven Entfernung von CO_2 aus Rauch-Gasen (HST-HighspeedTray)

Kohlendioxid für den Transport und die Einlagerung in Lagerstätten auf mindestens 100 bar verdichtet werden muss, so kann die Verdichtung des Rauchgases zur Optimierung der Absorption bereits vor der absorptiven Abtrennung erfolgen, bei den modernen IGCC-Anlagen liegen die Synthesegase schon bei höheren Drükken vor, die eine Absorption begünstigen.

Über den Kopf (dem oberen Teil der Kolonne) des Absorbers wird das gereinigte Gas, Reingas, abgeführt und vom Sumpf (dem unteren Teil der Kolonne) kommt das beladene Waschmittel in den Desorber.

In der Desorptionskolonne wird das Waschmittel regeneriert und nach einer anschließenden Abkühlung wieder im Kreislauf dem Absorber zugeführt. Lösungsmittelverluste müssen dabei durch frisches Lösungsmittel ausgeglichen werden. Für die Regenerierung des $\rm CO_2$ -beladenen Lösungsmittels (in dem Bild MEA – Monoethanolamin) wird im Regenerator (Desorber) Wärme zugeführt. Die dabei aufzubringende Energie beträgt 4 bis 5 MJ/kg $\rm CO_2$ und ist eine der wesentlichsten Aufwendungen – neben den Investitionskosten – für die $\rm CO_2$ -Entfernung aus Rauchgasen.

Anders als die Absorption erfolgt die Desorption unter hoher Temperatur und niedrigem Druck. Ob und wie gut ein Lösungsmittel regenerierbar ist, entscheidet über die wirtschaftliche Durchführbarkeit eines Absorptionsprozesses.

Bei der physikalischen Absorption (Lösungsmittel z.B. N-Methyl-2-Pyrolidon) findet die Desorption durch Druckwechsel (Entspannung) oder Temperaturwechsel statt.

Bei beiden Verfahren treten Lösungsmittelverluste auf, beim Einsatz von MEA ungefähr 1,5 kg MEA /t CO₂.

Das desorbierte CO_2 kann einer weiteren Nutzung oder einer langfristigen Einlagerung zugeführt werden. Es werden aber nur ungefähr 5 % des aus den Rauchgasen abgetrennten Kohlendioxids für eine stoffliche Nutzung benötigt, der Rest muss auf jeden Fall gelagert (sequestriert) werden, z.B. in den Ozeanen oder in unterirdischen Lagerstätten.

Auf Grund der riesigen Rauchgasmengen (Millionen von Nm³/d) müssten konventionelle Absorptionskolonnen sehr große Abmessungen (Durchmesser von mehreren Metern und Höhen von 20 Metern und mehr) besitzen und sind damit mit sehr hohen Investionskosten verbunden.

Betriebskosten und Investitionskosten halten sich bei der Absorption ungefähr die Waage. Eine entscheidende Reduzierung der Investitions- und Betriebskosten kann durch den Einsatz neuartiger Kolonnenböden erreicht werden. So sind die hier vorgestellten Hochgeschwindigkeitsböden (HG-Bö-

den) speziell für die Absorption großer Gasmengen (bis zu mehreren Mio Nm³/d in einem Apparat) entwickelt worden und zeichnen sich durch sehr hohe Effektivität und Intensität aus. Sie besitzen selbst bei extrem hohen Gasdurchsätzen geringe Abmessungen (Reduzierung des Durchmessers bis auf die Hälfte einer konventionellen Kolonne und der Masse auf 20 bis 30 % gegenüber den bisher verwendeten Kolonnenkonstruktionen).

Beispielefürkommerzielle Verfahrenzurabsorptiven Entfernung von ${\rm CO_2}$ Physikalische Absorption – Der Selexol-Prozess und der Purisol-Prozess

Die physikalische Absorption wird vorrangig dort eingesetzt, wo hohe CO₂-Partialdrücke im zu reinigenden Gas anliegen, z.B. im IGCC-Kraftwerkstyp.

Das beim Selexol-Prozess verwendete Lösungsmittel beinhaltet Polyethylenglykoldimethylether. Dieser Stoff ist sowohl chemisch stabil als auch ungiftig und biologisch abbaubar. Er hat einen sehr niedrigen Dampfdruck und eine große Aufnahmekapazität für unterschiedliche Verunreinigungen, einschließlich H₂S, CO₂, COS und Mercaptane.

Die relative Löslichkeit von H_2S in diesem Lösungsmittel ist fast 9-mal so hoch wie die von CO_2 . Dieses hohe Verhältnis erleichtert die Verwendung von Selexol für das selektive Entfernen von H_2S aus Gasströmen, die auch CO_2 enthalten. Allerdings sind auch die Kohlenwasserstoffe gut löslich, deren Löslichkeit mit wachsender Molmasse steigt.

Der Absorptionsprozess enthält eine Absorptionsstufe. Die Regeneration erfolgt durch eine Verminderung des Druckes in mehreren hintereinander geschalteten Stufen. Wenn ausschließlich CO_2 aus einem Gasstrom entfernt werden soll, ist für die Waschmittelaufbereitung nur ein Entspanner erforderlich. Eine umfassendere Regeneration kann durch Vakuumentspannung, Waschen des Lösungsmittels mit Luft oder Inertgas und eine Änderung der Wärmezufuhr erreicht werden.

Beim Purisol-Prozess handelt es sich beim Lösungsmittel um N-Methyl-2-Pyrolidon (NMP), eine schwer siedende Flüssigkeit, die eine hohe Löslichkeit für H₂S besitzt.

Genau wie bei anderen physikalischen Lösungsmitteln hängt die optimale Regenerationsmethode von der gewünschten Reinheit der Produktgase ab. Mögliche Regenerationsmethoden sind die Entspannung auf atmosphärischen Druck, Vakuumentspannung, Austreiben mittels Inertgas sowie die Regeneration durch Erhitzen.

Der Purisol-Prozess ist besonders gut für die Reinigung von Hochdruckgas und CO₂-Synthesegas geeignet, da er eine gute Selektivität gegenüber

H₂S aufweist. Mit abnehmender Temperatur steigt die Löslichkeit stark an. Aus diesem Grund wird die Absorption bei niedrigen Temperaturen durchgeführt. Die Regeneration wiederum läuft bei höheren Temperaturen ab.

Chemische Absorption

Chemisch reagierende Prozesse entfernen durch eine chemische Reaktion Schwefelwasserstoff und Kohlenstoffdioxid aus Gasströmen mit Hilfe der in der Waschlösung enthaltenen Substanzen. Diese Reaktion kann reversibel, aber auch irreversibel sein. Bei reversiblen Reaktionen wird CO₂ und H₂S im Absorber bei hohen Arbeitsdrücken und niedrigen Temperaturen aus dem Gas entfernt. In einer Strippkolonne (Desorber) wird die Reaktion bei hohen Temperaturen und niedrigen Drücken rückgängig gemacht, das Waschmittel wird regeneriert. Ist die Reaktion irreversibel ist eine Regeneration zur Abscheidung der sauren Gase aus der Waschlösung nicht möglich, d.h. es muss kontinuierlich frisches Waschmittel zugeführt werden.

Alkanolaminwäschen

Aminwäschen werden seit mehr als 80 Jahren für Gaswäschen eingesetzt. Seit 1930 sind Alkanolamine die am häufigsten genutzten Lösungsmittel zur Entfernung saurer Gase aus Erdgasen. Es liegen viele Jahrzehnte Erfahrungen vor. Dieses Verfahren ist auch favorisiert bei der Entfernung von CO₂ aus Rauchgasen (siehe auch Tabelle 1 und 2). Monoethanolamin ist das bevorzugte Lösungsmittel für Gasströme mit relativ niedrigen Konzentrationen von H₂S und CO₂. Es werden aber auch andere Alkanoamine eingesetzt, wie Diethanolamin (DEA) und Methyldiethanolamin (MDEA). In den letzten Jahren werden zunehmend auch Aminmischungen verwendet.

Das Grundfließschema der Alkanolaminwäsche ist in Abbildung 4 und das dazu gehörige Simulationsschema in Abbildung 7 dargestellt.

Die Vorteile von Monoethanolamin, wie zum Beispiel die relativ niedrige Molmasse, seine hohe Alkalität und die relative Leichtigkeit, mit der beladene Lösungen regeneriert werden können, gleichen in vielen Fällen die Nachteile von MEA aus. Monoethanolaminlösungen verursachen beträchtlich mehr Korrosion in den Anlagen als andere Aminmischungen. Dieser Effekt tritt besonders dann auf, wenn der MEA Anteil im Gemisch 20 % übersteigt und das Waschmittel stark mit sauren Gasen beladen ist. Jedoch verringern einige Systeme, welche wirksame Korrosionshemmstoffe (Inhibitoren) verwenden, diese Nachteile. Ein anderer Nachteil von MEA ist seine hohe Wärmeentwicklung bei der Reaktion mit CO₂ und H₂S (etwa 30 % höher als DEA für beide sauren Gase). Der relativ hohe Dampfdruck von Mo-

noethanolamin verursacht Verdampfungsverluste besonders im Niederdruck-Betrieb.

Durchführung der Absorption-der Absorber und der Absorptionsprozess

Wie gezeigt wurde, spielt die absorptive Abtrennung des CO₂ eine zentrale Rolle bei fast allen Wegen der Kohlendioxidreduzierung. Deshalb steht diese Option mit ihrer Hauptausrüstung, dem Absorber, hier im Mittelpunkt.

Für die Entfernung von Kohlenstoffdioxid (und Schwefelwasserstoff) strömt der Rohgasstrom in einen Absorber, in dem es mit der Aminlösung in Kontakt gebracht wird. Um einen optimalen Kontakt zwischen den Phasen zu gewährleisten, wird der Absorber mit Einbauten wie Packungen und Böden ausgestattet.

Für die Absorption können neben den herkömmlichen Bodenkolonnen auch Packungskolonnen genutzt werden. In diesen werden hauptsächlich strukturierte Packungen aus Draht, Blech oder Gewebe eingesetzt. In den Packungskolonnen bleiben die Gas- und die Flüssigphase beim Kontakt zusammenhängend. Die vom Kopf zum Sumpf abfließende Flüssigkeit bildet auf der Packungsoberfläche einen Flüssigkeitsfilm, während das in der Kolonne aufsteigende Gas diesen überstreicht. Der Vorteil von Packungskolonnen gegenüber den herkömmlich verwendeten Bodenkolonnen liegt im niedrigeren Druckverlust über die Kolonnenhöhe, kleinerem Flüssigkeitsinhalt, die Nachteile in den begrenzten Durchsätzen und dem aufwändigen Flüssigkeitsverteilungssystem.

HighspeedTray – ein neuartiger Hochleistungsboden

Bei dem neu entwickelten HighspeedTray [2,3] handelt es sich um einen Hochgeschwindigkeitsboden zur Trennung von Gas- und Flüssigkeitsgemischen. Diese patentierte Neuentwicklung ermöglicht sehr große Kapazitätssteigerungen. Der Boden gestattet die Schaffung von hochkompakten Anlagen und somit eine Kosten- und Massensenkung bei der Errichtung von Kolonnen mit extrem hohen Durchsätzen. Die bevorzugten Einsatzgebiete dieses Bodens liegen in der Aufbereitung von Erdgasen und Rauchgasen sowie dort, wo kleine Massen und hohe spezifische Leistungen wichtig sind.

Funktionsweise des neuen Bodens [4]

Der HighspeedTray, in Abbildung 5 dargestellt, besteht aus Kontakt- und Trennelementen (KTE). Bei diesen KTE handelt es sich um offene vertikale Stutzen, die am Austritt mit einem Fliehkraftabscheider ausgerüstet sind.

Im unteren Bereich befindet sich ein Axialwirbler, welcher die Flüssigkeit in feine Tröpfchen zerteilt. Die Stutzen sind fest mit dem Boden verbunden. Über Umfangsbohrungen im unteren Bereich erfolgt die Flüssigkeitszufuhr. Auf den Boden gelangt die Flüssigkeit über einen Zulaufschacht. Über einen Ablaufschacht wird sie auf den darunter liegenden Boden geführt. Der Füllstand wird über die Verwendung von Wehren gewährleistet. Die Kontaktund Trennelemente werden vom Gas axial von unten nach oben durchströmt. Aufgrund des auftretenden hydrostatischen Druckes wird die Flüssigkeit in das KTE eingesaugt und durch den im Stutzen befindlichen Wirbler in feine Tröpfchen zerteilt. Das entstehende Gas-Flüssigkeits-Gemisch erhält, durch die am Wirbler befindlichen Schaufeln, einen Drallimpuls. Aufgrund der auftretenden Zentrifugalkräfte bewegen sich die Flüssigkeitströpfchen in Richtung Rohrwand und bilden dort einen Flüssigkeitsfilm, der sich durch die Reibungskräfte des Gasstromes nach oben bewegt. In der Abscheidezone des KTE findet eine Trennung der Flüssigkeit vom Gasstrom statt. Die Flüssigkeit verlässt das KTE über einen Ringspalt am oberen Ende und fließt auf den Boden zurück und das Gas wird über einen Ablenkring abgeführt.

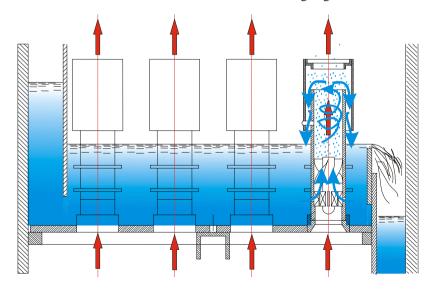


Abb. 5: Schema des Hochleistungsbodens HighspeedTray

Da der HighspeedTray mit sehr hohen Gas/Dampfgeschwindigkeiten in den KTE arbeitet und den Durchlassquerschnitt besser als Glocken- bzw. Ventil-

böden nutzt, ergibt sich eine höhere Gesamtgeschwindigkeit in der Kolonne damit ein hoher Durchsatz bei kleinen Kolonnenabmessungen.

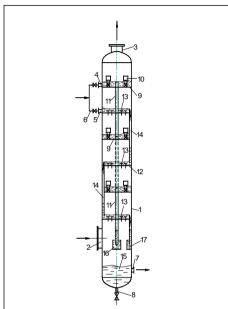


Abb. 6: Absorptionskolonne mit HighspeedTray-Böden (Variante HighFlexiTray) (10-HighspeedTray, 13-Ventil- oder andere Böden)

In Abbildung 6 ist eine solche Kolonne (Variante HighFlexiTray) für einen großen Belastungsbereich schematisch dargestellt.

Die Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Durchsätze durch Absorptionskolonnen mit Highspeedtray in Abhängigkeit vom Druck und dem Kolonnendurchmesser.

Tabelle 4 gibt geschätzte Kolonnenpreise für den Betrieb unter 85 bar an. Diese neuen Hochgeschwindigkeitsböden, welche durch spezielle Kontaktund Abscheidelemente den Stoffaustausch verbessern und den Gasdurchsatz um ein Mehrfaches vergrößern, tragen zu einer wesentlichen Verringerung der Ausmaße der Absorptionskolonne bei. Dadurch können die Kolonnen kostengünstiger

erstellt werden als herkömmliche Boden- oder Packungskolonnen bei vergleichbaren Durchsätzen.

Gasdurchsatz Nm ³ /h	Durchmesser mm	Masse der Kolonne, kg	Schätzpreis, EURO
170 000	1 000	8 000	85 000
250 000	1 200	13 600	130 000
420 000	1 600	27 000	250 000
530 000	1 800	33 000	300 000

Tab. 4: Ungefähre Kolonnenpreise für HighspeedTray-Kolonnen (85 bar)

Damit können kompakte Absorber für sehr hohe Durchsätze gebaut werden
wobei die Investitionskosten gegenüber Kolonnen mit strukturierten Packun-
gen auf die Hälfte reduziert werden können (Abbildung 8 und 9).

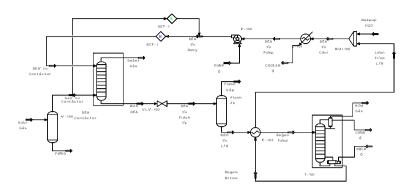


Abb. 7: Grundschema einer Aminwäsche mit Regeneration für die Simulationsrechnungen

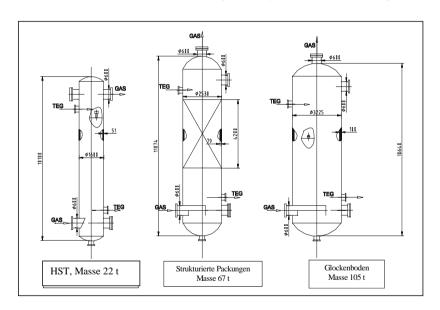


Abb. 8: Vergleich wichtiger Absorber-Kolonnenparameter für einen Durchsatz von 500 000 $\mathrm{Nm^3/h}$

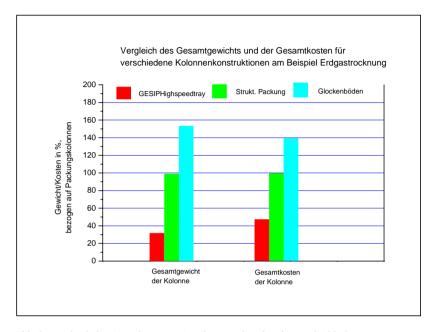


Abb. 9: Vergleich des Gewichts (Masse) und Kosten für Absorber nach Abb. 8

Nachfolgend werden einige Ergebnisse der Anwendung dieses Bodens für die Aufbereitung von Erdgasen (Entschwefelung und Dekarbonisierung), die mit dem Fließbildsimulationssystem HYSIS durchgeführt wurden, vorgestellt. Diese Ergebnisse können auf die Abtrennung von CO₂ aus Rauchgasen übertragen werden.

Diese neuen Hochgeschwindigkeitsböden, welche durch spezielle Kontakt- und Abscheidelemente den Stoffaustausch verbessern und den Gasdurchsatz um ein Mehrfaches vergrößern, tragen zu einer wesentlichen Verringerung der Ausmaße der Absorptionskolonne bei. Dadurch können die Kolonnen kostengünstiger erstellt werden als herkömmliche Boden- oder Packungskolonnen bei vergleichbaren Durchsätzen.

Die folgenden Betriebs- und Konstruktionsgrößen der Aminwäsche wurden variiert:

- Waschmittelmenge
- Typ des Waschmittels
- · Unterschiedliche Konzentrationen der Waschmittel
- Temperatur

- Druck
- Geometrieparameter Kolonnendurchmesser

Die Simulationen erfolgten in einem Grundmodell (Simulationsmodell im Simulator HYSIS), welches in Abbildung 7 dargestellt ist.

Das Ziel der Berechnungen war die Verringerung des Anteils der sauren Komponenten Kohlenstoffdioxid von 4,13 % und Schwefelwasserstoff von 1,72 % auf die vorgegebenen Grenzwerte für $\rm CO_2$ 2,00 Mol% und für $\rm H_2S$ 0,0004 Mol% für ein Mustergas mit 87 % Methan.

Es sollten optimale Prozessparameter für die Reduzierung dieser Gase gefunden werden.

Die Zulaufströme des Absorbers waren der mit CO₂ und H₂S kontaminierte (Erd)-Gasstrom (30 °C und 68,95 bar) und der "DEA to Contactor"-Strom, welcher das Waschmittel beinhaltete. Die Zusammensetzung des Erdgasstromes blieb in allen Berechnungen konstant.

Der zweite Zulaufstrom, das Absorbens, setzt sich aus dem sekundären Amin DEA (Diethanolamin) mit 28 Ma% und 72 Ma% Wasser als Hauptbestandteile zusammen. Der Waschmittelstrom beinhaltete einen geringen Anteil CO₂, welches in der Regeneration nicht vollständig entfernt werden konnte. Der Strom betrug 43,15 m³/h.

Als "DEA Contactor" (siehe Abbildung 7) kommt o.g. Absorberkolonne zum Einsatz. Zur Spezifikation wurde die Anzahl der Böden vorgegeben. Des Weiteren wurde der Druck am Kopf und am Sumpf der Kolonne definiert. Nachfolgend werden die Optimierungsmöglichkeiten näher erläutert.

In Tabelle 5 sind alle notwendigen Parameter der Absorptionskolonne zusammengestellt:

Spezifikation	Bodenzahl		1 bis 20	
	Druckprofil Kopf			68,60 bar
		Sumpf		68,95 bar
	Temperatur-	Kopf		37,8 °C
	Vorgaben	Sumpf		71,1 °C

Tab. 5: Spezifikation der Absorptionskolonne

Am Kopf des Absorbers wird das gereinigte (Erd)Gas, "Sweet Gas", abgezogen und einer weiteren Verwendung zugeführt. Die mit H₂S und CO₂ angereicherte Aminlösung, "Rich DEA"-Strom, welche als Sumpfprodukt entstand, wird in die Regeneration weiter geleitet. Der "Rich DEA"-Strom hat nach dem Austritt aus der Absorptionskolonne einen Druck von ca. 70 bar.

Im Gegensatz zur Absorption wird bei der Regeneration mit niedrigem Druck und hohen Temperaturen gearbeitet. Zur Minderung des Druckes des "Rich DEA" Stroms wird der Strom in einem Ventil entspannt. Beim Regenerator handelte es sich um eine Destillationskolonne mit 18 theoretischen Böden.

Der Arbeitsdruck der Regenerationskolonne liegt bei ca. 6–7 bar. Die Temperatur im Sumpf entspricht ca. 125 °C und im Kopf ca. 85 °C.

Die Rückführung der gereinigten und mit Wasser angereicherten Aminlösung erfolgt über einen Kühler und eine Pumpe. Mit Hilfe des Kühlers soll der Aminstrom weiter abgekühlt werden, um eine Einlauftemperatur in den Absorber von annähernd 37 °C zu erreichen. Über die Pumpe stellt man den Druck der Flüssigkeit wieder auf ca. 68 bar ein.

Ergebnisse der Simulationsrechnungen

Durch die Variation wichtiger Prozessgrößen kann das (Erd-)Gas so behandelt werden, dass die Reinheit des Gases den gewünschten Qualitätsansprüchen genügt. Zu diesen Prozessgrößen zählen zum Beispiel die Absorberbodenzahl, die Art und Zirkulationsmenge des gewählten Waschmittels, die Temperatur im Absorber und der Betriebsdruck.

Variation der Waschmittelmenge

Die Veränderung der Waschmittelmenge wirkt sich stark auf den Absorptionserfolg aus. Von großer Bedeutung für den Absorptionsprozess ist das verwendete Waschmittel. Die Untersuchungen konzentrierten sich auf die Amine DEA und MDEA. Beide finden in der Industrie der Erdgasaufbereitung eine breite Anwendung. Währenddem für die Absorption des CO₂ aus Rauchgasen MEA günstiger ist.

Die untersuchten Volumenströme bewegten sich in einem Bereich von 43 m³/h bis 90 m³/h. Absorbertemperatur (25 °C) und -druck (70 bar) und Waschmittelkonzentration (30 Ma%) waren konstante Größen. Beim zugeführten Erdgas handelte es sich um das gegebene Mustergas mit vorgegebener Zusammensetzung und einem Volumenstrom von 50.000 Nm³/h.

Es wurden Berechnungen für Waschmittelmengen von 43 m³/h, 50, 60, 70, und 90 m³/h durchgeführt im Bereich von einer bis 20 Trennstufen.

Die CO₂-Absorption, deren Verlauf in Abbildung 10 dargestellt ist, erreicht den geforderten Grenzwert für CO₂ mit geringer Waschmittelmenge (43 m³/h) und 6 Trennstufen.

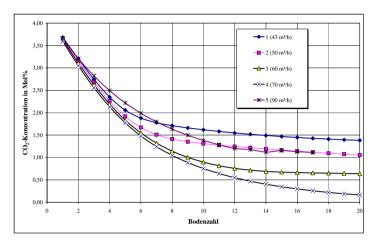


Abb. 10: CO_2 -Konzentration in Abhängigkeit von der Bodenzahl und Waschmittelmenge (30 Ma% DEA bei 25 °C)

Variation der DEA-Konzentration und Aminmischungen

Untersucht wurde ein Waschmittelstrom von 200 m³/h. Der Anteil von Diethanolamin variierte von 25 Ma% bis 45 Ma%. Am Absorber herrschte ein Druck von 70 bar und eine Temperatur von 25 °C. Der Durchmesser der Absorptionskolonne betrug 1,30 m. Das zu reinigende Erdgas lag mit einem Volumenstrom von 150.000 m³/h in der bereits erwähnten Zusammensetzung vor.

In Abbildung 11 ist die Abhängigkeit der Kohlenstoffdioxidkonzentration vom Massenanteil des Amins und der Bodenzahl dargestellt:

Mit steigender DEA-Konzentration im Waschmittel verbessert sich das Absorptionsergebnis. Diethanolamin weist die erwartete gute Entfernung von $\rm CO_2$ nach. Mit 30 Ma% DEA und 4 Böden wird der geforderte Wert für $\rm CO_2$ erreicht.

Außerdem war zu untersuchen, wie sich der DEA-Anteil auf die Absorption von CO₂ bei Beibehaltung der H₂S-Absorptionsrate auswirkt. Bei einer Verbesserung der CO₂-Entfernung könnte eine Mischung aus DEA und MDEA bei der Verringerung des Lösungsmittelstromes Vorteile erbringen.

Die Abbildung 12 untermauert, dass der Einsatz von DEA im Lösungsmittel zu einer vermehrten Absorption von CO_2 beiträgt. Mit steigendem Diethanolaminanteil sinkt der Kohlenstoffdioxidanteil im gereinigten Gas.

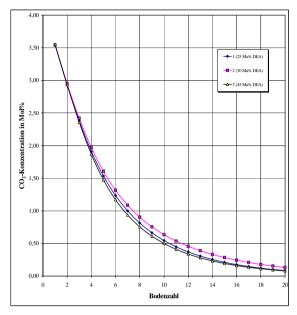


Abb. 11: CO_2 -Konzentration in Abhängigkeit von der Bodenzahl und Waschmittelkonzentration (200 m^3/h DEA bei 25 °C)

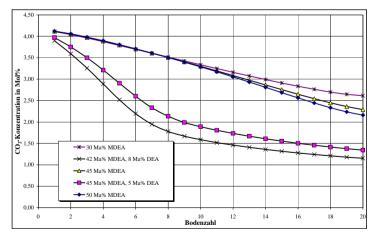


Abb. 12: CO₂-Konzentration in Abhängigkeit von der Bodenzahl bei einer Kombination von DEA und MDEA

Geometrieparameter - Kolonnendurchmesser

Für die technologische Auslegung von Absorptionskolonnen waren auch konstruktive Parameter wie der Kolonnendurchmesser von Bedeutung. Der Durchmesser beeinflusst in großem Maße die Herstellungskosten der Kolonne. Ein geringer Umfang bedeutet geringere Investitionskosten.

Die konstanten Betriebsparameter waren der Absorberdruck (70 bar), die Absorbertemperatur (25 °C), der Erdgasvolumenstrom (150.000 m³/h) und der Waschmittelstrom (200 m³/h) mit einem DEA-Anteil von 30 Ma%.

In den Simulationen wurde der zu untersuchende Durchmesser der Absorptionskolonne eingestellt. Dieser variierte von 1,30 m bis 1,90 m. Durch die Vergrößerung des Absorberdurchmessers wurde die Verweilzeit erhöht und dadurch das Absorptionsergebnis positiv beeinflusst. Die in Abbildung 13 zusammengestellten Kurven stellen die ermittelten Konzentrationswerte von CO₂ im gereinigten Gas über der Bodenzahl dar:

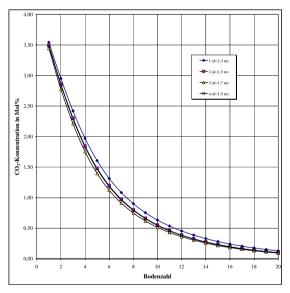


Abb. 13: CO_2 -Konzentration in Abhängigkeit von der Bodenzahl und Absorberdurchmesser (200 m^3/h DEA bei 25 °C)

In Abbildung 13 ist zu erkennen, dass die Vergrößerung des Absorberdurchmessers die Absorption nicht wesentlich beeinflusst. Der Grenzwert für Kohlenstoffdioxid wird mit einem Durchmesser von d=1,30 m und 4 Böden erreicht.

Für den Betrieb des HighspeedTray gelten Flüssigkeitsbelastungen von 2–105 m³/m²h. In Tabelle 6 sind dazu einige Angaben gemacht, die zeigen, dass mit steigendem Gasdurchsatz (und größeren Kolonnendurchmessern) diese Belastungsgrenzen eingehalten werden.

Volumenstrom	Kolonnendurch-	Anzahl der	Flüssigkeits-	Flüssigkeits-
$\dot{ extbf{V}}_{ ext{Gas}}$	messer	Elemente	belastung pro	belastung des
[Nm³/h]	[m]		Element	Bodens
[[,,]]			[m³/h]	$[m^3/m^2h]$
100.000	0,80	27	1,6	85,5
150.000	0,90	40	1,0	67,6
200.000	1,10	53	0,8	45,2

Tab. 6: Übersicht über Gasvolumenstrom und Kolonnendurchmesser (für obige Simulationsrechnungen)

Abhängigkeit von der Temperatur

Neben konstruktiven Maßnahmen beeinflusst die Absorbertemperatur die Absorption. Die Aminwäsche wird bei Temperaturen zwischen 20 °C und 40 °C durchgeführt.

Das dargestellte Grundmodell der Aminwäsche war Ausgangspunkt der Simulationen. Zu den voreingestellten und konstanten Parametern zählen der Absorberdruck (70 bar), der Kolonnendurchmesser (0,80 m), der Erdgasstrom (50.000 m³/h) mit gleich bleibender Zusammensetzung und der Waschmittelstrom (70 m³/h) mit 30 Ma% Diethanolamin.

Abbildung 14 zeigt, dass Kohlenstoffdioxid bei höheren Temperaturen, z.B. bei 45 °C, am besten entfernt wird. Bei dieser Absorbertemperatur wird bei 4 Trennstufen der Grenzwert erreicht.

Eine kostenaufwendige Energiezufuhr zur Erhaltung der Arbeitstemperatur ist nicht notwendig, da auch bei Temperaturen von 15 °C und 25 °C die sauren Komponenten gut vom Waschmittel absorbiert werden. Die Aminwäsche kann daher bei Umgebungstemperatur durchgeführt werden.

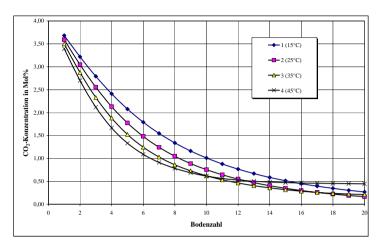


Abb. 14: CO₂-Konzentration in Abhängigkeit von der Bodenzahl und Absorbertemperatur (70 m³/h DEA)

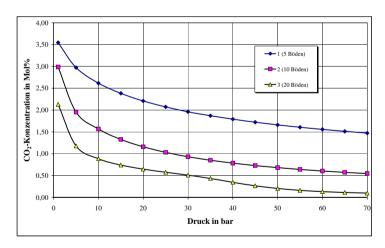


Abb. 15: CO₂-Konzentration in Abhängigkeit von der Bodenzahl und Druck (200 m³/h DEA)

Abhängigkeit vom Druck

Die Aminwäsche wird i.d.R. bei Drücken über 10 bar durchgeführt. Für die Simulation wurden Drücke von 5 bar bis 70 bar untersucht. Ausgangspunkt war das Grundmodell der Aminwäsche. Der Absorberdurchmesser war 1,50

m, der Gasvolumenstrom 150.000 m³/h und der Waschmittelstrom war 200 m³/h mit 30 Ma% Diethanolamin.

Die Abbildung 15 stellt die Abhängigkeit der Absorption vom Druck und der Bodenzahl dar.

Aus den Ergebnissen werden die alternativen Möglichkeiten für die Erreichung der geforderten Reinigungsgrade erkennbar. Es kann einerseits der Betriebsdruck erhöht werden, was die Betriebskosten belastet und andererseits kann die Bodenanzahl im Absorber größer gewählt werden, was die Investitionskosten erhöht. Es muss deshalb ein optimaler Kompromiss standortspezifisch gefunden werden.

Die Simulationsrechnungen für die CO₂-Entfernung gelten vorrangig für die Erdgas- und Synthesegasaufbereitung, also Absorptionen unter Druck. Sie sind in der Tendenz aber auch auf Rauchgase anwendbar.

Durch die großen Einsparungen an Investitionskosten für die Ausrüstungen und die Reduzierung des Waschmittelbedarfs bieten Absorptionskolonnen mit Hochgeschwindigkeitseinbauten bereits jetzt und in naher Zukunft eine viel versprechende Option für die Reduzierung von CO₂-Emissionen aus Rauchgasen.

Literatur

- [1] CO₂ Capture & Storage, IEA Greenhouse Gas R&D Programme (IEAGHG) www.ieagreen.org.uk, (2002)
- [2] Vollendete Verwirblung Hochgeschwindigkeit in Stoffaustauschböden, Process, Nr.9, 306–10, (2000)
- [3] K. Hartmann, Hightech und Highspeed Miniaturisierung von Stoffaustauschapparaten mit neuen Hochgeschwindigkeitsböden, Verfahrenstechnik 35, Nr. 4, 22–24 (2001)
- [4] Hochgeschwindigkeitsstoffaustauschboden, Deutsches Patent 198 28 884, (1998),High Speed Mass Transfer Tray, USA.Patent 6,227,524, (1999)

Werner Krause, Gundula Seidel und Frank Heinrich

$\label{eq:multimodalität} \mbox{ Multimodalität im Denken am Beispiel mathematischer } \mbox{ Anforderungen}^{1}$

1. Einführung

Bauersfeld (1993) zitiert Waldmann und Weinert (1986): "Wiewohl die Gemeinsamkeiten zwischen Meteorologie und Hochbegabtenforschung nur oberflächlicher Art sind, verdient eine Übereinstimmung Beachtung: Auf beiden Gebieten wurden wissenschaftliche Anstrengungen unternommen, um Bauernregeln und Alltagsweisheiten durch statistisch gesicherte Vorhersagemodelle zu ersetzen. Doch ist die Theorie zur Erklärung der Phänomene noch nicht entwickelt worden". Bauersfeld wählt für seinen Analyseweg zur Erklärung einen konstruktivistisch-interaktionistischen Theorienansatz, der der Schulpraxis stärker Rechnung trägt.

Wir beziehen uns bei der Suche nach Erklärungsmöglichkeiten auf individuelle Unterschiede. In einer Zusammenfassung kognitionspsychologischer Charakteristika erfolgreichen Denkens betonen Waldmann und Weinert (1986), dass das Lösen komplexer Probleme u. a. "den Erwerb gediegener Einsichten voraussetzt", "reiche, flexible und problemspezifische Kenntnisse" verlangt sowie ein "efficient information processing", was mit hohen Ansprüchen an "die Geschwindigkeit der kognitiven Prozessabläufe", die Menge der gleichzeitig bearbeiteten Informationen, ein leichtes Abrufen aus dem Langzeitgedächtnis" und an "den Aufwand beim Bilden neuer Assoziationen" erklärt wird. Die Autoren sagen aber auch, dass man über interindividuelle Unterschiede in dieser Hinsicht "bisher allzu wenig weiß". Kann nach fünfzehnjähriger Forschung Genaueres vorgelegt werden und kann die Menge der Erklärungsmöglichkeiten eingeschränkt werden?

¹ Wesentliche Teile des Beitrages erscheinen unter dem Titel "Über das Wechselspiel zwischen Rechnen und bildhafter Vorstellung beim Lösen mathematischer Probleme – eine neurowissenschaftliche Studie beim Vergleich mathematisch (Hoch)- und Normalbegabter" auch in: MU – Der Mathematikunterricht, Heft 6, 2003, Friedrich-Verlag, Seelze.

Klix (1992) schließt aus Reaktionszeitexperimenten bei analogen Schlussprozessen auf die bessere Verfügbarkeit² von Strategien bei mathematisch Hochbegabten. "Auch hier ist es so, als ob die Extremgruppe über einer Art innerer Vorinformation verfügte, wie solche Anforderung mühelos zu bewältigen sei." (Klix, 1992, S. 441). Wir verwenden experimentalpsychologische und neurowissenschaftliche Methoden (Krause und Sommerfeld, 2000), um im Rahmen einer Grundlagenforschung aus Elementaranalysen kognitiver Prozesse Komponenten zu bestimmen, auf die die bessere Leistung Hochbegabter zurückgeführt werden kann.

Es lässt sich aber noch ein zweiter Ansatzpunkt für unsere Untersuchungen angeben. Kieswetter (2002) beklagt in seiner Studie "Unzulänglich vermessen und vermessen unzulänglich: PISA u. Co." fehlende Maße für geistige Leistungen und fordert, "Testverfahren einer kritischen Kontrolle zu unterziehen". Hier wird ein Vorschlag unterbreitet, wie dies unseres Erachtens geschehen kann.

Anliegen des Textes ist die Analyse mathematischen Denkens mit experimentalpsychologischen und neurowissenschaftlichen Methoden.

Soll mathematisches Denken gefördert werden, dann müssen alle Faktoren von der sozialen über die motivationale und emotionale bis hin zur kognitiven Ebene betrachtet werden und bekannt sein. Wir beschränken uns hier auf kognitive Elementarprozesse. Die Analyse kann durch Verhaltensbeobachtung, durch lautes Denken, durch Messung von Fehlern und Lösungszeiten (experimentalpsychologisch) und durch Messung nervaler Prozesse (neurowissenschaftlich) im Gehirn geschehen. Wir beschränken uns hier – wie oben bereits erwähnt – auf experimentalpsychologische und neurowissenschaftliche Methoden. Hinsichtlich der Anforderungen arbeiten wir mit Problemen, die von den Probanden unter Berücksichtigung ihrer bisherigen mathematischen Ausbildung und Vorerfahrung sowohl "algebraisch" als auch "(anschauungs)geometrisch" lösbar sind. Die Unterscheidung ist nicht absolut. Wir meinen vielmehr zum einen ein Lösungsvorgehen, bei dem die Arbeit mit Zahlen, Variablen, Gleichungen, Ungleichungen etc., also mit

² Der Begriff der Verfügbarkeit umfasst sowohl die Eigenschaft des Wissens um Strategien als auch die Fähigkeit (gewissermaßen spielend leicht) damit umgehen zu können. Dabei ist sowohl der Abruf bereits gebildeter Strategien als auch deren ("blitzschnelle") Erzeugung und Fortentwicklung gemeint. Im Gegensatz zur Verfügbarkeit findet sich beim Wissen kein Unterschied im Extremgruppenvergleich. Seidel (2001, 2003) konnte zeigen, dass Normalbegabte und Hochbegabte die hier verwendeten Modalitätsstrategien gleichermaßen kennen.

Symbolen dominiert; und zum anderen ein Vorgehen, dass sich insbesondere durch die Verwendung geometrischer Formen, also durch die Arbeit mit Bildern auszeichnet (vgl. auch das Beispiel zur Abbildung 1).

Das Ziel besteht in einer Unterstützung des subjektiven Lehrerurteils über mathematische Denkleistungen durch Objektivierung von mathematischen Denkprozessen. Der Zweck besteht in einer gezielten Förderung von mathematischen Denkprozessen und damit von mathematischen Denkleistungen.

Eine in der Literatur übliche Vorgehensweise dazu besteht im Nachweis unterschiedlicher kortikaler Netze für unterschiedliche mathematische Anforderungen. So etwa unterscheiden Cohen, Dehaene, Lee u. a. (Cohen und Dehaene, 1997; Dehaene und Cohen, 1998; Lee, 2000) im Rahmen der numerischen Informationsverarbeitung zwischen "Faktenabruf" (z. B. 2 + 2 = ?) und "Größenmanipulation" (z. B. 25 x 36 = ?) und zeigen, dass zu deren Anforderungsbewältigung auch unterschiedliche kortikale Netze aktiviert sind. Unsere Vorgehensweise lehnt sich mit dem Anspruch des Nachweises kortikaler Netze an diese übliche Vorgehensweise an, jedoch ist der Ansatzpunkt nicht eine spezielle mathematische Problemklasse sondern die Denkpsychologie. Die großen Wissenschaftsdisziplinen wie Mathematik, Physik, Chemie oder Biologie gehen theoriegeleitet vor und deduzieren Hypothesen aus Kenntnissen über Elementarprozesse. Wenngleich eine Theorie über menschliches Denken in unserer Disziplin bisher nicht existiert, so lassen sich doch Prozesseigenschaften im menschlichen Denken angeben, die in den unterschiedlichsten Anforderungen zu beobachten sind und von daher einen gewissen Allgemeingültigkeitsanspruch haben. Solche Invarianten im Denken werden Basiskomponenten genannt. Bisher werden von Klix (1992) vier Basiskomponenten betrachtet, die er auch evolutionär begründet hat, wenngleich ein Vollständigkeitskriterium nicht existiert: Komplexitätsreduktion, Multimodalität, Analogiebildung und multiple Klassenbildung. Wir beschränken uns hier auf die Multimodalität. Diese Basiskomponente charakterisiert die Fähigkeit im Denken, ein Problem sowohl bildhaft-anschaulich als auch begrifflich (bzw. rechnerisch oder durch Symbolmanipulation) zu lösen. Es ist bekannt, dass eine solche Doppelrepräsentation bzw. das Wechselspiel zwischen den Modalitäten die Leistung fördert. Dies gilt sowohl für das Behalten von Information - ein dargebotenes Wort in Verbindung mit einem Bild wird besser behalten als ein Wort allein (Engelkamp, 1990) – als auch beim Denken (Spies, 1995, 1996; Krause, 2000), sowohl bei technischen Problemen als auch bei Alltagsproblemen. Beispielsweise zeigt Klix (1993) mit Bezug auf den von Leibniz eingeführten Integralgedanken als Summe einer

"menschlichen" Anzahl von "differentiellen Stückchen", wie wechselseitige Abbildungen von anschaulichen in begriffliche Repräsentationsformen und umgekehrt zu kreativen Denkleistungen, zur Entdeckung völlig neuer Zusammenhänge führen können. Der kognitive Aufwand sollte eine entscheidende Größe für das Wechselspiel zwischen den Modalitäten darstellen: ein Wechsel sollte insbesondere dann stattfinden, wenn der kognitive Aufwand in der verbleibenden Modalität hoch bzw. das Problem gar nicht lösbar ist. Der Autor macht dies mit einem trivialen Beispiel deutlich: "Zu 1 Million 10 000 Stück hinzutun, das ist anschaulich nicht zu machen. In der logisch-begrifflichen Ebene unseres Zahlensystems jedoch eine Kleinigkeit". Diese Eigenschaft des Wechselspiels zwischen den Modalitäten wird als eine Eigenschaft Hochbegabter angesehen (Hendrickson, 1986; Klix, 1992). Wenn dies zutrifft, dann ergeben sich für den experimentellen Nachweis der Multimodalität zumindest 2 Methoden: 1) die Variation einer unabhängigen Variablen (z. B. Operationenanzahl) so, dass der Modalitätswechsel durch Aufwandserhöhung erzwungen wird und 2) ein Extremgruppenvergleich hoch - versus normalbegabt. Wir haben uns hier für den zweiten Weg entschieden und fragen, ob sich bessere Leistungen Hochbegabter auf das Wechselspiel zwischen Rechnen und bildhafter Vorstellung zurückführen lassen.

2. Ist die kürzere Lösungszeit Hochbegabter experimentalpsychologisch erklärbar?

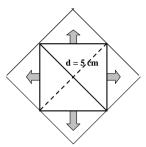
Gegeben ist folgendes Problem (Abbildung 1): Für ein Quadrat mit der Diagonalenlänge d = 5 cm soll der Flächeninhalt verdoppelt werden. Wie lang ist die Seite des neuen Quadrates? Die Abbildung 1 zeigt zwei Modalitätsstrategien, die zur Lösung des Problems eingesetzt werden können. Eine bildhaftanschauliche Strategie (Abbildung 1 oben) besteht im "Herausklappen" der vier kongruenten rechtwinkligen Dreiecke, die durch Einzeichnen beider Diagonalen entstanden sind. Ein solches Vorgehen führt auf eine geometrische Figur, welche die Lösung unmittelbar nahe legt. Eine rechnerische Strategie (Abbildung 1 unten) besteht im Anwenden des Satzes von Pythagoras (Heinrich, 1997).

Unsere Versuchspersonen³ müssen solche Probleme lösen. Dabei zeigt

³ Stichprobe: mathematisch (Hoch)begabte: 12 Abiturienten des Carl-Zeiss-Gymnasiums Jena (Spezialschule); Durchschnittsalter: 18,5; 3 weiblich, 9 männlich; IQ (LPS – U3): 124. mathematisch Normalbegabte: 13 Abiturienten der Grete-Unrein Schule Jena (Gesamtschule); Durchschnittsalter: 17,6; 6 weiblich, 7 männlich; IQ (LPS – U3): 106. Die Auswahl erfolgte durch Lehrerurteil.

sich, wie aus Tabelle 1 hervorgeht, dass hochbegabte Versuchspersonen etwa die halbe Zeit im Vergleich zu normalbegabten Versuchspersonen benötigen. Worauf ist diese Zeitverkürzung bei Hochbegabten zurückzuführen?

Bildliche Lösungsstrategie:



Rechnerische Lösungsstrategie:

(Die Skizze dient hier nur dem besseren Verständnis)

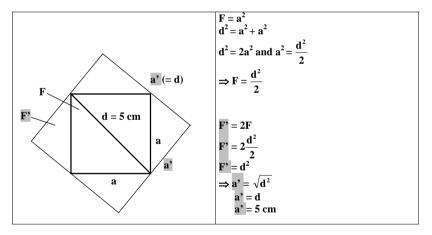


Abb. 1: Beide Modalitätsstrategien (2 M) zur Lösung des oben angegebenen Problems. Oben: bildhaft-anschauliche Strategie.

Unten: Lösung durch Arbeiten mit Gleichungen und Rechnen.

Größe		hochbegabt	normalbegabt	Z-Werte	p-Werte
IQ nonverbal	M SD	124 10	107 10	-2,79	0,004
IQ verbal	M SD	112 13	105 4	-0,997	0,34
Mentale Rotation	M SD	17 3	14 5	-1,317	0,193
Cavanagh-Konstante	M SD	295 116	247 77	-0,821	0,438
Gedächtnisspanne (Ziffern)	M SD	7,36 0,957	6,03 0,489	-3,45	0,000
Lösungszeit	M SD	57 46	101 52	-3,95	0,001

Tab. 1: Intelligenzquotient (IQ), mentale Rotation (Scorewerte), Gedächtniskapazität (Cavanagh-Konstante in ms), Gedächtnisspanne (g), Arbeitsgedächtniskapazität (Rechenspanntest) und Lösungszeit (sec) für Hoch- und Normalbegabte (M = Mittelwert, SD = Standardabweichung).

Fragen wir zunächst, ob die mit anderen psychologischen Messverfahren bestimmten Eigenschaften Hochbegabter die kürzere Lösungszeit – zumindest plausibel – erklären könnten. Hochbegabte seien intelligenter als Normalbegabte, dann sollte der IQ trennen. Wie die Tabelle 1 zeigt, sind die Ergebnisse widersprüchlich und damit für die Prädiktion ungeeignet. (Mit dem nonverbal IO werden Leistungen beim analogen Schließen, mit dem verbal IO werden Kategorisierungsleistungen gemessen.) Angenommen, Hochbegabte besitzen eine größere Visualisierungsfähigkeit als Normalbegabte, könnten sich also etwas bildhaft-anschaulich besser vorstellen, dann sollten die Teste-Werte bei der mentalen Rotation trennen. Gemäß Tabelle 1 ist dies jedoch nicht der Fall. Angenommen, Hochbegabte hätten eine bessere (Kurzzeit-) Gedächtniskapazität, dann sollten sie sich in der Gedächtnisspur (ausdrückbar durch die Cavanagh-Konstante in ms) unterscheiden. Wie Tabelle 1 zeigt, findet sich kein Unterschied. Dagegen steht zunächst ein Unterschied in der Gedächtnisspanne bei Ziffern. Danach behalten Hochbegabte kurzzeitig mehr Ziffern als Normalbegabte. Die Gedächtnisspanne ist jedoch materialabhängig und von daher nicht verallgemeinerbar. Die traditionellen Maße der Experimentalpsychologie liefern damit keine Erklärung für die kürzere Lösungszeit Hochbegabter.

Klix (1992) erklärt die kürzere Lösungszeit Hochbegabter durch die bessere Verfügbarkeit von Strategien.

3. Haben Hochbegabte Strategien besser verfügbar?

Wenn Hochbegabte im Gegensatz zu Normalbegabten schon mit dem Verstehen des Problems (oder spätestens am Ende des Verstehensprozesses) Lösungsstrategien verfügbar (vgl. Fußnote 2) haben, dann sollten jene Hirnareale, die für diese Strategien verantwortlich sind, zu diesem Zeitpunkt bei Hochbegabten aktiviert sein, nicht dagegen bei Normalbegabten. Zum Nachweis der Aktivation in den Hirnarealen wurde das Elektroenzephalogramm (EEG) während des Problemlösens gemessen. Die EEG-Auswertung erfolgt mit der von Schack entwickelten adaptiven EEG-Kohärenzanalyse (Schack, 1997, 1999; Schack, u. a. 1995, 1999). Die Kohärenz ist ein Maß für die Synchronizität zweier EEG-Signale. Hohe Kohärenz bedeutet hohe Aktivation. In dieser Untersuchung erfolgt eine Beschränkung auf benachbarte Elektrodenpaare und auf ein Frequenzband von 13 bis 20 Hz. Bezüglich der Datenauswertemethode sei auf die genannte Literatur verwiesen.

Die Grundidee für den Nachweis der Verfügbarkeit ist in Abbildung 2 dargestellt.

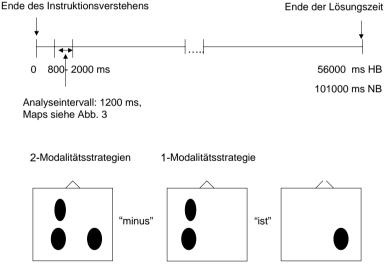


Abb. 2: Schematische Darstellung für den Nachweis der Verfügbarkeit von Modalitätsstrategien. oben: Zeitbezug der EEG-Kohärenzanalyse und Lösungszeit. (HB = hochbegabt, NB = normalbegabt).

unten: Schematische topographische Darstellung der aktivierten kortikalen Areale (Maps) bei Nutzung einer (1 M: Rechnen) bzw. bei Nutzung von zwei (2 M: Rechnen und bildhaftes Vorstellen) Modalitätsstrategien. Bei Differenzbildung erhält man das rechte Map als Nachweis für die Nutzung von zwei Modalitätsstrategien.

Die zeitliche Analyse beschränkt sich auf die erste Sekunde nach dem Instruktionsverstehen. Der 800 ms Startpunkt (und nicht Null ms) ist methodischen Bedingungen der adaptiven EEG-Kohärenz geschuldet. Das Analyseintervall von 1200 ms ist willkürlich gewählt worden. Die Versuchspersonen mussten sowohl Probleme mit zwei Modalitätsstrategien (2 M) (vgl. Abb. 1) als auch Aufgaben mit einer Modalitätsstrategie (1 M) lösen. Für die zuletzt genannte Anforderung wurden Additionsaufgaben mit 3 und 4 Summanden gewählt. Diese Aufgaben dienten als Referenz. Das Ergebnis der Differenzen zeigt Abbildung 3.

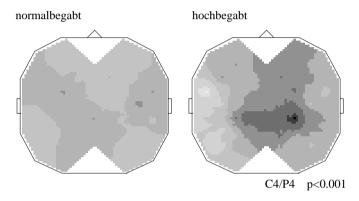


Abb. 3: gemittelte Differenzkohärenzmaps beim Lösen von Aufgaben (zwei Modalitätsstrategien minus eine Modalitätsstrategie) für Hoch- und Normalbegabte. Die Kohärenzdifferenz von 0, 27 über dem Elektrodenpaar C4P4 (der dunkelste Fleck centro-parietal rechts) ist signifikant (p < 0,001, Bonferronikorrektur). Skala der Kohärenzwerte: von + 0.30 (schwarz) bis – 0.30 (weiss).

Zur Mapdarstellung wurden aus der Stichprobe der Hochbegabten nur diejenigen Zeitpunkte ausgewählt, zu denen die Kohärenz im centroparietalen Bereich rechts über C4P4 beim Lösen von 2-Modalitätsstrategie-Aufgaben signifikant höher war als beim Lösen von 1-Modalitätsstrategie-Aufgaben. Für diese so ausgewählten Zeitpunkte wurden die Differenzkohärenzmaps in der Stichprobe der Normalbegabten bestimmt. Die Mittelung der Maps erfolgt über gleiche Stichprobenanzahlen. Der Befund in Abbildung 3 besagt, dass innerhalb der ersten Sekunde nach dem Instruktionsverstehen bei Hochbegabten bereits jene Hirnregionen aktiviert sind, die für beide Modalitäten verantwortlich gemacht werden, wohingegen in der Stichprobe der Normalbegabten zu diesem Zeitpunkt noch keine Aktivation in diesen Hirnregionen nachweisbar ist. Wir interpretieren dieses Ergebnis so, dass zu diesem Zeitpunkt – innerhalb der ersten Sekunden nach dem Instruktionsverstehen – eine

bildhaft-anschauliche Modalitätsstrategie in der Stichprobe der Normalbegabten noch nicht verfügbar ist.

Betrachtet man neben der Topographie auch noch die Aktivationszeit über dem Elektrodenpaar C4P4 in Abhängigkeit von der Lösungszeit (Abbildung 4), so lässt sich ein umgekehrt proportionaler (und nicht direkt proportionaler) Zusammenhang für dieses Analyseintervall der ersten Sekunde nachweisen. Je länger dieses ausgewählte kortikale Areal – in diesem frühen Zeitabschnitt – aktiv ist, umso kürzer ist die Lösungszeit.

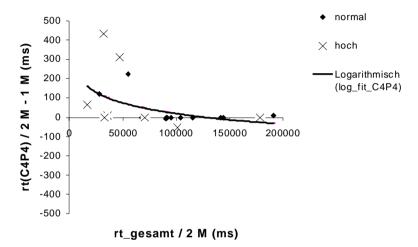


Abb. 4: Zeit, in der über dem Elektrodenpaar C4P4 eine signifikant höhere Kohärenz bei einem 2-Modalitätsstrategie-Problem im Vergleich zu einer I-Modalitätsstrategie-Aufgabe gemessen wurde in Abhängigkeit von der Lösungszeit für jede einzelne Versuchsperson. Durch Kreuze bzw. Quadrate sind die hoch- bzw. normalbegabten Versuchspersonen gekennzeichnet. Der negative Anstieg der angepassten Funktion ist signifikant von Null verschieden (B = -79,6; p = 0,038).

Die Funktion in Abbildung 4 repräsentiert eine Beziehung, wie sie in der Betrachtungsweise zwischen innerer und äußerer Psychophysik kognitiver Prozesse von Bedeutung ist (Sommerfeld, 2001). Es lässt sich – in der Tat auch bei Denkprozessen – in analoger Weise eine Funktion zwischen intern und extern ablaufenden Prozessen angeben.

Hypothesengemäß findet sich über anderen Hirnregionen kein funktionaler Zusammenhang. Als Beispiel ist die Beziehung im linken Frontalbereich über dem Elektrodenpaar F3F7 in Abbildung 5 dargestellt.

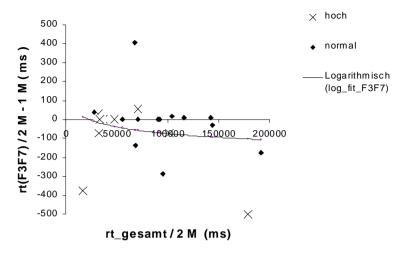


Abb. 5: Zeit, in der über dem Elektrodenpaar F3F7 eine signifikant höhere Kohärenz bei einem 2-Modalitätsstrategie-Problem im Vergleich zu einer 1-Modalitätsstrategie-Aufgabe gemessen wurde in Abhängigkeit von der Lösungszeit für jede einzelne Versuchsperson. Durch Kreuze bzw. Quadrate sind die hoch- bzw. normalbegabten Versuchspersonen gekennzeichnet. Der negative Anstieg der angepassten Funktion ist nicht signifikant von Null verschieden (B = -50; p = 0.46).

Die Abbildung 6 zeigt die Beziehung für alle 30 Elektrodenpaare.

Wir deuten diesen Befund so, dass eine frühzeitige längere Aktivation der für eine bildhaft-anschauliche Modalitätsstrategie verantwortlichen kortikalen Areale die Lösungszeit verkürzt. Dies unterstreicht den Einfluss der frühzeitigen Verfügbarkeit von Strategien auf die Lösungszeit und stellt eine Erklärungsmöglichkeit dar, warum Hochbegabte kürzere Lösungszeiten aufweisen.

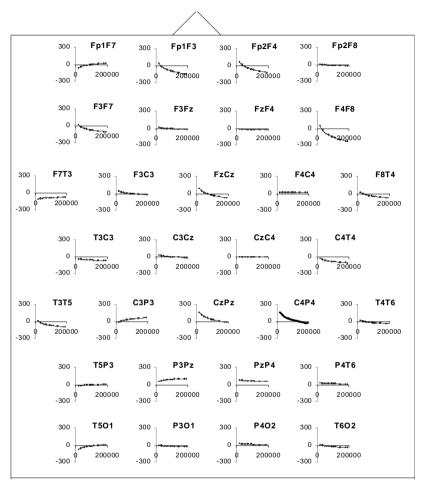


Abb. 6: Zeit (ms), in der über jedem Elektrodenpaar eine signifikant höhere Kohärenz bei einem 2-Modalitätsstrategie-Problem im Vergleich zu einer I-Modalitätsstrategie-Aufgabe gemessen wurde in Abhängigkeit von der Lösungszeit (ms) für jede einzelne Versuchsperson. Nur über dem Elektrodenpaar C4P4 ist der negative Anstieg signifikant (siehe auch Abb. 4 und 5).

4. Zeigen Hochbegabte einen geordneteren Denkablauf?

Denkabläufe bilden sich in Handlungsabläufen ab, geordnete Denkabläufe in geordneten Handlungsabläufen, in geordneten Handlungs- oder Zustandsse-

quenzen. Man denke etwa an Zustandssequenzen als Sequenzen bestimmter Scheibenkonstellationen beim Turm von Hanoi. Zustandssequenzen können als Markoffketten aufgefasst werden. Der Ordnungsgrad einer Zustandssequenz lässt sich auf der Basis von Auftritts- und Übergangswahrscheinlichkeiten von und zwischen Zuständen als Entropie bestimmen. Damit wird der Ordnungsgrad einer Sequenz extern erfasst. Bekanntlich hat die seit mehr als zweitausend Jahren währende Trennung zwischen "extern" und "intern" einen entscheidenden Erkenntnisfortschritt gebracht. Lässt sich, so wäre zu fragen, die oben angestellte Überlegung auf eine "intern" ablaufende Sequenz übertragen, um damit den Ordnungsgrad eines Denkablaufes zu messen? Intuitiv ist klar, dass ein geordneter Denkablauf weniger "Umwege produziert" und damit weniger Zeit verbraucht, also zu kürzeren Lösungszeiten führt. Es muss aber ein Äquivalent für die externen Zustände intern definiert werden.

Lehmann (1987) hat in die EEG-Analyse eine Methode eingeführt, um zeitlich stabile Aktivationszustände aus dem EEG-Signal zu bestimmen, die ein Äquivalent für kognitive Operationen sein sollten. Er bezeichnete sie – spekulativ - als "Atome des Denkens". Schack (1997, 1999) hat diesen Gedanken auf die adaptive EEG-Kohärenzanalyse übertragen. Mit dem von ihr entwickelten Verfahren lassen sich zeitlich stabile EEG-Kohärenzmaps bestimmen, die in Anlehnung an Lehmann als Mikrozustände bezeichnet werden. Wenngleich es nicht gelingt, die Mikrozustände zu interpretieren (Krause und Seidel, 2003), d. h. den Mikrozuständen kognitive Operationen eineindeutig zuzuordnen, so lässt sich doch der Ordnungsgrad der Mikrozustandssequenzen mit der von Schack entwickelten Methode bestimmen. Die Mikrozustandssequenzen können – worauf wir bereits hingewiesen haben – als Markoffketten aufgefasst werden. Auftritts- und Übergangswahrscheinlichkeiten können so bestimmt werden. Mit einer Beschränkung auf 6 Mikrozustände sind die Markoffketten für eine hoch- und eine normalbegabte Versuchperson in Abbildung 7 angegeben.

Auffällig ist die sich deutlich abhebende Untersequenz der hochbegabten gegenüber der normalbegabten Versuchsperson. Die über die Stichproben berechnete Entropiereduktion und der Ordnungsgrad der Markoffkette sind in Abbildung 8 dargestellt.

Nach diesem Befund weisen Hochbegabte eine höhere Entropiereduktion auf im Vergleich zu den Normalbegabten: das Gleiche gilt für den Ordnungsgrad (Krause, Seidel und Heinrich, 2003). Offensichtlich geht die höhere Verkettung der Mikrozustände mit einer Verkürzung der Lösungszeit einher.

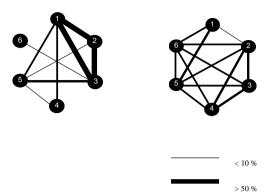


Abb. 7: Mikrozustandssequenzen für eine hochbegabte und eine normalbegabte Versuchsperson beim Lösen eines 2-Modalitätsstrategie-Problems (vgl. Abbildung 1). Die Strichstärke steht für die Übergangshäufigkeiten. Es erfolgt eine Beschränkung auf 6 Mikrozustände. Die Entropiereduktion H_{red} wurde als Differenz zwischen der Shannon-Entropie und der bedingten Entropie (Schack, 1999) für die beiden Versuchspersonen berechnet (hochbegabt: $H_{red} = 1.20$, normalbegabt: $H_{red} = 0.91$).

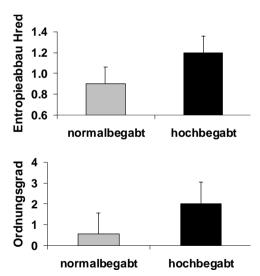


Abb. 8: oben: Entropiereduktion H_{red} für die Stichprobe der hoch- und der normalbegabten Versuchspersonen. Bei sechs Mikrozuständen beträgt der maximale Wert 2,56. Der Unterschied zwischen den Stichproben ist signifikant, ausgedrückt durch * (p<0,01). unten: Ordnungsgrad der Markoffkette der Mikrozustände für die Stichprobe der hoch- und normalbegabten Versuchspersonen. Der Unterschied ist signifikant, ausgedrückt durch * (p<0,01). Der Ordnungsgrad wurde mit einer Konfigurations-Frequenz-Analyse (Lautsch und Weber,

1995) bestimmt.

5. Zeigen Hochbegabte ein intensiveres "Wechselspiel"?

Phänomenologisch ist hinreichend erörtert, dass das Wechselspiel zwischen den Modalitäten zur Charakterisierung geistiger Leistungen eine bedeutsame Größe ist. Dies gilt nicht nur für die Mathematikdidaktik (Heinrich, 2003b) oder den historisch-mathematikdidaktischen Aspekt (Zimmermann, 2003), sondern auch für die Mathematik (Descartes, 1641, 1954), für die Begabungsforschung (Hendrickson, 1986), für die Gedächtnispsychologie (Paivio, 1969; Engelkamp, 1990), für die Denkpsychologie (Klix, 1992, 1993; Krause, 2000), für die Technikwissenschaften (Spies, 1995, 1996) und noch für weitere Disziplinen.

Zu fragen ist, ob dieses "Wechselspiel" zwischen den Modalitäten auch mit neurowissenschaftlichen Methoden nachweisbar ist. Zur Beantwortung dieser Frage wird die gleiche Methode wie im Abschnitt 3) verwendet, jedoch dehnen wir jetzt das Analyseintervall auf die ersten 10 Sekunden nach dem Instruktionsverstehen aus. Die Abbildung 9 zeigt das auf diese Weise erhaltene Ergebnis für eine hochbegabte und eine normalbegabte Versuchsperson.

hochbegabt (rt = 32303 ms)

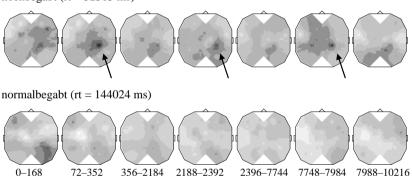


Abb. 9: Differenzkohärenzmaps (2 Modalitätsstrategien – 1 Modalitätsstrategie), gemittelt über jeweils 20 Aufgaben, für eine hochbegabte und eine normalbegabte Versuchsperson. Skala der Kohärenzwerte: von + 0.30 (schwarz) bis – 0.30 (weiss). Pfeile kennzeichnen signifikante Differenz über C4/P4 (p<0.001, Bonferronikorrektur). Die Zahlen unter den Maps geben die Zeiten in ms an, die für beide Versuchspersonen gelten. Diese Zeitverhältnisse für den Modalitätswechsel wurden bei der hochbegabten Versuchsperson gefunden und auf die normalbegabte Versuchsperson übertragen. Bei der normalbegabten Versuchsperson wurde im gesamten Analyseintervall von 10 Sekunden keine signifikante Differenzkohärenz gefunden.

Innerhalb des Analyseintervalls von 10 Sekunden wird bei der hochbegabten Versuchsperson dreimal über dem Elektrodenpaar C4P4 eine signifikant höhere Kohärenz bei einer 2-Modalitätsstrategie-Aufgabe gegenüber einer 1-

Modalitätsstrategie-Aufgabe gemessen. Diese Kohärenzerhöhung dauert im Mittel über 200 ms an. Es gibt gute Gründe anzunehmen, dass eine so relativ lange Zeit mit dem Zeitverbrauch kognitiver Operationen in Verbindung zu bringen ist⁴. Übertragen wir die gleichen Zeitverhältnisse auf die normalbegabte Versuchsperson, so lässt sich kein Wechsel innerhalb der ersten 10 Sekunden beobachten. Es ist natürlich nicht auszuschließen, dass dieser Wechsel bei dieser normalbegabten Versuchsperson zu einem späteren Zeitpunkt eintritt. Und schließlich sollte ein Trainingsprozess oder ein gezielter Unterricht die zeitliche Vorverlagerung der Aktivation und den Wechsel befördern. Man muss mit Bezug auf die Abbildung 9 jedoch deutlich machen, dass hier zwei Einzelfälle dargestellt sind. Für die gesamten Stichproben wurde kein signifikanter Unterschied für die Häufigkeit des Wechsels der Aktivation über C4P4 gefunden. Wir vermuten, dass die verwendeten Aufgaben (vgl. Abbildung 1) für unsere Hochbegabten generell zu einfach waren. Über das "Wechselspiel" bei komplizierteren Aufgaben wird zu einem späteren Zeitpunkt zu berichten sein.

Auf der Suche nach sensiblen Maßen für geistige Prozesse und Leistungen könnten der Zeitpunkt der Verfügbarkeit von Strategien, gemessen über den Zeitpunkt der Frühaktivation ausgezeichneter Hirnregionen, das Wechselspiel zwischen Rechnen und bildhafter Vorstellung, gemessen über die Häufigkeit des Wechsels der Aktivation ausgezeichneter Hirnareale und die Ordnung des Denkablaufes, gemessen über die Entropiereduktion und den Ordnungsgrad als solche Maße betrachtet werden, vorausgesetzt, die Mikrozustände lassen sich interpretieren.

6. Zusammenfassung

Die kürzere Lösungszeit von Hochbegabten gegenüber Normalbegabten beim Lösen von 2-Modalitätsstrategie-Aufgaben lässt sich durch die zunächst plausible Vermutung einer besseren Visualisierung nicht erklären. Auch finden wir bei diesen Anforderungen keinen Unterschied im Wissen um die Modalitätsstrategien. Die Gedächtniskapazitäten der Stichproben unterscheiden sich ebenfalls nicht.

Vielmehr findet sich bei Hochbegabten eine hohe Aktivation in für Modalitätsstrategien ausgezeichneten Hirnarealen zu einem sehr frühen Zeit-

⁴ Just und Carpenter (1976): Fixationsdauer bei Vergleichs- und Rechenoperationen: 293 ms; Klix und van der Meer (1978), Klix (1983): analoge Schlussprozesse: 220 ms; Petzold und Edeler (1999): Urteilsprozesse: 56 ms.

punkt des Lösungsprozesses, unmittelbar nach dem Verstehen der Aufgabe. Bei Normalbegabten findet sich diese Aktivation zu einem sehr frühen Zeitpunkt nicht. Die Aktivationszeit dieser ausgezeichneten Hirnareale ist der Lösungszeit umgekehrt proportional. Wir interpretieren diese Befunde als bessere Verfügbarkeit von Modalitätsstrategien bei Hochbegabten und begründen damit deren kürzere Lösungszeit.

Darüber hinaus finden sich Unterschiede in der Sequenz von Mikrozuständen. Hochbegabte zeigen eine höhere Verkettung von Mikrozuständen. Aus den dabei entstehenden Subsequenzen resultieren Zeitverkürzungen.

Das Wechselspiel zwischen Rechen und bildlicher Vorstellung ließ sich bisher nur kasuistisch zeigen. Zur Generalisierung bedarf es einer schwierigeren Anforderung.

Mit solchen Parametern wie Topographie, Sequenz und Wechsel zwischen Hirnarealen, die biologische Grundlagen des Verstandes darstellen, lassen sich subjektive Urteile objektivieren.

Danksagung: Für die Überlassung der Forschungssoftware "adkoh", "adseg" und "cohcl" gilt unser herzlicher Dank Bärbel Schack. Ihr plötzlicher Tod hat uns sehr erschüttert. Für die Nutzung der Forschungssoftware "ilmmap" danken wir Gert Grießbach sehr herzlich.

Literatur

- Bauersfeld, H. (1993). Mathematische Lehr-Lern-Prozesse bei Hochbegabten Bemerkungen zu Theorie, Erfahrungen und möglicher Förderung. *Journal für Didaktik der Mathematik (JMD)*, 14, 3 / 4, 243–267.
- Cohen, L. & Dehaene, S. (1997). Cerebral pathways for calculation: double dissociation between rote verbal and quantitative knowledge of arithmetic. *Cortex*, 33, 219–250.
- Dehaene, S. & Cohen, L. (1998). Levels of representation in numberprocessing. In: Stemmer, B. Whitaker, H.D. (eds.). Handbook of Neurolinguistics. San Diego: Academic Press.
- Descartes, R. (1954). Meditation über die Grundlagen der Philosophie. Übersetzung von A. Buchenau, Hamburg. (Titel der Originalausgabe: Meditationes de prima philosophia, 1641, 42).
- Engelkamp, J. (1990). *Das menschliche Gedächtnis*. Göttingen, Toronto, Zürich: Hogrefe.
- Grießbach, G. (1990). Computerorientierte Messtochastik in der Technischen Diagnose und dem Signalmapping. *Habilitationsschrift. Friedrich-Schiller-Universität Jena, Mathematische Fakultät.*

- Hendrickson, L. (1986). A longitudinal study of precocity in music. In A.J. Cropley,K. Urban, H. Wagner, & W. Wieczerkowski (Eds.), *Giftedness*. (pp. 192–204).New York: Trillium Press.
- Heinrich, F. (1997). Diskussionsmaterial zur Untersuchung der Doppelrepräsentationshypothese und einige Bemerkungen aus mathematikdidaktischer Sicht. (Manuskript, unveröffentlicht).
- Heinrich, F (2003a). Theoretische Analysen und empirische Erkundungen über das Wechseln von Lösungsanläufen beim Lösen mathematischer Probleme. Habilitationsschrift, Fakultät für Sozial – und Verhaltenswissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Heinrich, F. (2003b). Zum Wechselspiel zwischen Geometrie und Arithmetik/Algebra als ein heuristisches Leitprinzip im (bzw. von) Mathematikunterricht. Vortrag zur Habilverteidigung, Fakultät für Sozial und Verhaltenswissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena. (Manuskript, unveröffentlicht).
- Just, M.A. & Carpenter, P.A. (1976). Eye Fixations and Cognitive Processes. Cognitive Psychology, 8, 441–480.
- Kießwetter, K. (2002). Unzulänglich vermessen und vermessen unzulänglich: PISA u. Co. In *DMV-Mitteilungen* 4/2002, S. 49–58. Siehe auch die Langversion: http://www.minet.uni-jena.de/~schmitzm/midida/start.php?Datei=timss.txt
- Klix, F. (1983). Begabungsforschung ein neuer Weg in der kognitiven Intelligenzdiagnostik. *Zeitschrift für Psychologie*, 191, 360–387.
- Klix, F. (1992). Die Natur des Verstandes. Göttingen: Hogrefe.
- Klix, F. (1993). Erwachendes Denken. Heidelberg: Spektrum.
- Klix, F. & van der Meer, E. (1978). Analogical reasoning an approach to cognitive microprocesses as well as to intelligence performance. *Zeitschrift für Psychologie*, 186, 39–47.
- Krause, W. (2000). Denken und Gedächtnis aus naturwissenschaftlicher Sicht. Göttingen: Hogrefe.
- Krause, W. & Sommerfeld, E. (2000). Elementaranalyse von Denkprozessen mit psychophysikalischen und neurowissenschaftlichen Methoden. Zeitschrift für Psychologie, 208, 322–339.
- Krause, W. & Seidel, G. (2003). Biologische Grundlagen des Verstandes. In Krause, B. & Krause, W. Psychologie im Kontext der Naturwissenschaften. Trafoverlag: Berlin (im Druck).
- Krause, W., Seidel, G. & Heinrich, F. (2003). Entropy reduction in mathematical giftedness. A new measurement for mental performance. In U. Lindemann (ed.) (2003). *Human behavior in design*. Springer-Verlag. Berlin (im Druck).
- Lautsch, E. & von Weber, S. (1995). Methoden und Anwendungen der Konfigurationsfrequenzanalyse (KFA). Weinheim: Belz.
- Lee, K.-M. (2000). Cortical Areas Differentially Involved in Multiplication and Subtraction: A Functional Magnetic Resonance Imaging Study and Correlation with a Case of Selective Acalculia. *Annals of Neurology*, 48, 4 657–661.

- Lehmann, D., Ozaki, H. & Pal, I. (1987). EEG alpha map series: brain micro-states by space-oriented adaptive segmentation. *Electroencephalogr.Clin.Neurophysiol.*, 67, 271–288.
- Paivio, A. (1969). Mental imagery in associative learning and memory. *Psychological Review*, 76, 241–263.
- Petzold, P. & Edeler, B. (1999). Discrete Clusters of processing time in a verbal itemrecognition task. In: *Proceedings of the Fifteenth Annual Meeting of the International Society for Psychophysics, Tempe.* pp. 25–30.
- Schack, B. (1997). Adaptive Verfahren zur Spektralanalyse Instationärer Mehrdimensionaler Biologischer Signale. *Habilitationsschrift, Technische Universität Ilmenau*
- Schack, B. (1999). Dynamic Topographic Spectral Analysis of Cognitive Processes. In Ch. Uhl (Ed.), Analysis of Neurophysiological Brain Functioning. Berlin, Heidelberg, New York:
- Schack, B. & Krause, W. (1995). Dynamic power and coherence analysis of ultra short-term cognitive processes - a methodical study. *Brain Topogr.*, 8, 127–136.
- Schack, B., Grieszbach, G. & Krause, W. (1999). The sensitivity of instantaneous coherence for considering elementary comparison processing. Part I: the relationship between mental activities and instantaneous EEG coherence. *Int.J.Psychophysiol.*, 31, 219–240.
- Seidel, G. (2001). Ordnungsbildung und Doppelrepräsentation im Denken mathematisch Hochbegabter. Sequentielle und topographische Eigenschaften von Mikrozustandsequenzen. Dissertation, Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Seidel, G. (2003). Ordnung und Multimodalität im Denken mathematisch Hochbegabter: sequentielle und topologische Eigenschaften kognitiver Mikrozustände. Lengerich: Pabst (im Druck).
- Sommerfeld, E. (2001). Comparison Processes in Memory: Performance Indicators and Synchronous Brain Activity. In: Sommerfeld, E., Kompass, R. & Lachmann, T. (2001). Fechner Day 2001. Proceedings of the Seventeenth Annual Meeting of the International Society of Psychophysics. Lengerich: Papst Science Publishers. 81–86.
- Spies, K. (1995). Gezieltes Entwickeln und technisches Gestalten mit der marktorientierten Innovationsstrategie. Glückauf, 131, 648–652.
- Spies, K. (1996). Ein methodischer Weg zu innovativen Technologien. Aachen: Verlag der Augustinus Buchhandlung.
- Waldmann, M. & Weinert, F.E. (1986). How do the gifted think: Intelectual abilities and cognitive processes. In Cropley, A.J., Urban, K.K., Wagner, H. & Wieczerkowski, W. (eds.) (1986). Giftedness: A Continuing Worldwide Challenge. New York: Trillium Press.
- Zago, L., Pesenti, M., Mellet, E., Crivello, F., Mazoyer, B., Tzourio-Mazoyer, N. (2001). Neural Correlates of Simple and Complex Mental Calculation. *NeuroImage*, 13, 314–327.
- Zimmermann, B. (2003). Mathematisches Problemlösen und Heuristik in einem Schulbuch. MU Der Mathematikunterricht. 1. 42–57.

Wilfried Schröder

Solare Variabilität und Polarlichter (Ein Problem der historischen Geophysik)

I.

1976 veröffentlichte der amerikanische Astronom John A. Eddy (1) in der angesehenen Zeitschrift "Science" einen Aufsatz, den er mit "Maunder-Minimum" umschrieb. Inhalt war das überraschende Ergebnis über die verschwundenen Sonnenflecken zwischen 1645-1715 sowie das weitestgehende Fehlen der Polarlichter. Die Reaktion auf diese Arbeit war bemerkenswert: sie wurde überall zitiert, selbst Zeitungen berichteten über dieses vorgeblich sensationelle Resultat, wonach die Sonne im 17. Jahrhundert erloschen war, teilweise jedenfalls. In der Folgezeit blühte eine neue Forschungsrichtung auf: überall wurden neue solare Minima entdeckt, fehlende Polarlichter beschrieben und vielfältige klimatologische Konsequenzen abgeleitet. Eddy war mit einem Male weltberühmt geworden und um ihn herum scharte sich eine wackere Schar von Mitstreitern. So ist das bis zum heutigen Tage geblieben. Inzwischen hat es aber eigenartige Formen angenommen: Kritische Studien zum Thema des vergeblichen "Maunder-Minimums" (sowie der hernach ernannten "Delton", "Wolf", "La-Lande"-Minima) werden jedenfalls in englischen Fachzeitschriften nicht mehr publiziert. Es gibt keine Chance mehr, dass eine reale Diskussion der Verhältnisse stattfindet, da die Vertreter dieser Minima inzwischen die Publikationen derart bestimmen, dass andere Meinungen nicht mehr zugelassen sind. Dies ist um so eigenartiger, als sich bereits frühzeitig international bekannte Gelehrte wie der deutsche Sonnenforscher W. Gleissberg (3) sowie der amerikanische Meteorologe Helmut E. Landsberg (5) sehr kritisch äußerten in einer Weise, die Eddy's Resultate doch in einem anderen Licht erscheinen ließen.

II.

Sowohl Gleissbergs, Landsbergs sowie Schröders Untersuchungen (9-12) über die Polarlichter während des sog. Maunder-Minimums ergaben ein Resultat, das nur noch wenig mit Eddy's erster Beschreibung zu tun hatte. Gleissberg fand keine Besonderheiten, Landsberg legte für die diskutierte Periode zahlreiche Sonnenflecken- und Polarlichtdaten vor, während Schröder zeigen konnte, dass in fast jedem Jahr zwischen 1645-1715 Polarlichter gesehen und beschrieben worden waren. Eddy's Ergebnis war damit weitestgehend aufgehoben und in der von ihm behaupteten Form konnte von einer "Auszeit der Sonne" keine Rede sein. (6). Es gab auch weitere Studien in dieser Frage, die allesamt zeigten, dass der solare Zyklus zwischen 1645-1715 aktiv war (s. die Tagungsberichte der IAGA 1989, 1991, 1999 und 2001). Während sich also durchaus wohlabgewogene Stimmen zum Themenkreis äußerten, ergab sich eine interessante Entwicklung: Eddy setzte seine Studien fort, musste einräumen, dass seine Daten so aussagefähig nicht sind, behauptete gleichwohl, dass selbst, wenn weitere positive Befunde von Polarlichtern vorgelegt würden, es nichts daran ändern würde, dass die Sonne weniger aktiv war. Zum Beweis wurden von ihm die bereits genannten anderen Minima - Wolf, LaLande – erwähnt sowie klimatologische und andere Erhebungen benannt.

Der weitere Verlauf der Diskussion war bemerkenswert: Insbesondere amerikanische und englische Vertreter stützten zu Beginn die Meinung der Minima. Später schlossen sich andere Gruppen dem an, wobei stets nur ein ausgewähltes Datenmaterial genutzt wurde und die Befunde der Polarlichtund Sonnenphysik schlichtweg ignoriert wurden (7), (8) (15). Mit weiteren Messmethoden wollte man belegen, dass tatsächlich die Sonne in bestimmten Zeiten weniger aktiv, vielleicht sogar "ruhend" war. Etwa ab den neunziger Jahren trat dann eine Entwicklung ein, die eine kritische Diskussion unmöglich machte. Zwar konnte noch 1988 in "Nature" eine Tabelle der Polarlichter veröffentlicht werden, auch wurde 1992 noch eine ausführliche Arbeit zum Maunder-Minimum im "J. Geomagn. Geoelectr." veröffentlicht (11). Doch der Zeitschriftenmarkt, insbesondere der Amerikanischen Geophysikalischen Gesellschaft, war kritischen Berichten verschlossen. Übereinstimmend berichteten Forscher, dass ihre Beiträge von den Gutachtern damit abgelehnt wurden, dass das Maunder-Minimum "erwiesen" sei.

Wie sonderbar die weitere Diskussion verlief, mögen zwei Hinweise verdeutlichen: Als der amerikanische Autor S. M. Silverman einen Forschungsüberblick mit sehr selektiertem Literaturverzeichnis gab, wurde von der Zeitschrift Rev. Geophys. ein Kommentar mit dem Hinweis abgelehnt, "es sei

so, wie es Silverman" beschrieb. 1997 legten die Autoren Hoyt und Schatten ein fundiertes Buch über die Sonne und klimatische Wechsel vor (4). Beide Autoren haben sich durchaus bemüht, auch nichtenglische Literatur zu bekommen. Jedoch zeigte ihr Literaturverzeichnis wieder den gleichen Selektionsprozess: Kritische Literatur wird erst gar nicht zitiert, denn sie könnte ja die eigenen Annahmen in Frage stellen.

Dieser Prozess der Selektion kritischer Literatur ist sehr bemerkenswert und hat inzwischen dazu geführt, dass sowohl im Publikations- als auch Tagungswesen nur noch eine pro-Maunder-Debatte stattfindet. Alles andere wird erst gar nicht zur Kenntnis genommen.

III.

Bei der Erörterung der "solaren Minima" und der auch vorgeblich "fehlenden" Sonnenflecken und Polarlichtdaten, werden vor allem verschiedene methodologische Fehler gemacht. So stellt man immer wieder fest, dass die meisten Autoren keine eigenen Quellenstudien betrieben haben, sondern vielmehr aus Sekundärquellen abschreiben. Das tat teilweise auch schon Eddy und das hat sich fortgesetzt. Meist liegt es daran, dass die Quellen schwer zugänglich sind bzw. Sprachkenntnisse voraussetzen, die viele Autoren offenbar nicht haben. Jeder weiß aber, dass gerade bei früheren Beobachtungen immer wieder eine Originalbetrachtung geboten ist.

Zweitens wird der historische Prozess einfach unbeachtet gelassen: Das Maunder-Minimum fiel in die Zeit des ausgehenden 30-jährigen Krieges (1618–1648), in dem Europa zerstört worden war. Kontinuierliche wissenschaftliche Tätigkeit, schon gar nicht der Solar- und Polarlichtbeobachtungen, gab es nirgends. Nach 1648 war Europa zerstört, die Klosterbibliotheken vielfach geplündert und die jahrhundertelange gesammelte Literatur vernichtet. Das galt auch für andere Formen, wie z. B. Flugschriften, Handschriften, Kirchenbücher usw. Man erkennt, dass in jener Zeit alle Voraussetzungen fehlten, um an eine geordnete Sonnen- oder gar Himmelsbeobachtung zu denken. Das erklärt auch, weshalb nur noch wenige Quellen vorliegen und weshalb wenige ausführliche Polarlichter-Beschreibungen verfügbar sind. Die Zeit nach dem 30-jährigen Krieg war für wissenschaftliche Arbeit keineswegs geeignet. Im übrigen stand, sofern astronomische Studien überhaupt betrieben wurden, die Sonne und das Polarlicht keineswegs im Mittelpunkt des allgemeinen Interesses.

Allein aus diesen historischen Randbedingungen ließe sich erklären, weshalb weniger solare und Polarlichtdaten verfügbar sind, womit das Fehlen

156 Wilfried Schröder

zwischen 1645–1715 erklärbar wird. Es kommt aber noch etwas hinzu: Grundlage vieler Studien ist der bewährte Katalog von Hermann Fritz aus dem Jahre 1873. Nur hat sich gezeigt, dass auch Fritz nicht alle Daten erfasst hat, so dass Detailuntersuchungen der früheren Jahrhunderte die Nutzung weiterer Originalquellen unabdingbar machen. Das ist vielfach nicht geschehen, so dass sicherlich verzerrte Ergebnisse heraus gekommen sind.

Schließlich muss auch gesehen werden, dass manche Polarlichter, die in "Flugblättern" oder nur als "fliegende Zeitungen" bekannt wurden, zunächst keineswegs als Polarlichter eingeordnet wurden. Es waren für die Menschen schreckliche Himmelszeichen, die irgendetwas Böses, zumindest Gottes mögliche Strafe ankündigten. Die entsprechenden Veröffentlichungen hatten vornehmlich belehrenden-theologischen Charakter, dienten aber nicht der Einordnung als Polarlicht.

Diese Umstände haben viele Autoren, die sich mit den solaren Minima und weiteren Fragen befasst haben, nicht beachtet. So entstand eine Diskussion, die zumindest teilweise hinterfragbar bleibt.

Überdies muss Folgendes gesehen werden: Bereits Gleissbergs sowie Landbergs Studien zeigten, dass es keine Einbrüche in der Form gab, wie es von Eddy und anderen behauptet wurde.

Weitere Polarlichtstudien von Schröder (11-12) ergaben, dass für die behandelten Zeiträume des 17. bis in das 18. Jahrhundert eine regelmäßige Beschreibung der Polarlichter vorliegt. Fehlende Daten lassen sich einfach aus den historischen Gegebenheiten erklären. So gesehen hat man das Resultat, dass im 16.-17. Jahrhundert nach mitteleuropäischen Aufzeichnungen das Polarlicht regelmäßig beobachtet wurde. Sonnenbeobachtungen waren schon schwieriger, denn sie setzten den Besitz eines Fernrohres voraus, das nicht jeder besaß. Konnte man die Polarlichter leicht mit bloßem Auge sehen, so bedurfte die Sonnenbeobachtung und Zählung der Sonnenflecke des Fernrohrs. Doch das besaßen nur ganz Wenige, und diese waren auch nicht primär an regelmäßigen Sonnenbeobachtungen interessiert. Das erklärt einige Lücken in den Beobachtungsreihen der sogenannten Jahrzehnte. Noch etwas: Vor Beginn der regulären Sonnenbeobachtungen müssen alle Daten rekonstruiert werden, d. h. es wird angenommen, wie es hätte gewesen sein können. Inwieweit die Wirklichkeit damit erfasst wird, bleibt oftmals abhängig vom Standpunkt der Autoren (s. z. B. Tsiropoula, [15]).

IV.

Das Thema Sonne und Klima ist zweifellos ein sehr wichtiges, und international gesehen ein gut bearbeitetes Feld, dem sich viele Gruppen widmen. Doch es muss festgehalten werden, dass es trotz aller aufgefundenen 14C und 10Be-Schwankungen in Baumringen und Eisbohrkernen viele Fragen gibt. Auch die Diskussion solarer Variabilität bei sonnenähnlichen Sternen ist eine, die auf vielen, oftmals noch zu hinterfragenden Annahmen beruht. Jedenfalls gibt es derzeit keine Möglichkeit, vom Standpunkt der Solarphysik für die vermuteten Minima usw. eine physikalisch plausible Erklärung zu geben (s. [12], [14]). Die weitere Forschung wird nicht umhin können, weitere Polarlichter früherer Jahrhunderte zu suchen und zu rekonstruieren. Das ist ein sehr mühseliges Geschäft, denn die Quellenlage ist sehr vielschichtig. Dazu gehört auch ein sorgfältiges wissenschaftshistorisches Instrumentarium, um die früher tätigen Beobachter kennen zu lernen, ihre Forschungen und Leistungen einzuordnen. Das ist erst teilweise geschehen.

Übrigens hat der Astronom der Berliner Akademie Christfried Kirch (1694–1740) ebenso wie andere Mitglieder der Kirch-Familie manche gute Polarlichtbeschreibung geliefert.

Bei den vielen, weltweit tätigen Gruppen, die sich dem Thema Sonne, Mensch und Klima widmen, wird man eine weitere Diskussion erwarten können. Doch wird man den realen Beobachtungstatsachen, also Polarlichtern, solaren Daten, wesentlich mehr Aufmerksamkeit schenken müssen. Übrigens ist vielleicht noch eines historisch interessant: dass früher gelegentlich weniger Polarlichter gemeldet wurden, hat nicht erst Eddy oder der von ihm benannte englische Astronom Maunder bemerkt. Das steht schon in allen wichtigen Büchern der "Naturlehre" des 17. und 18. Jahrhunderts und ist später von G. Spörer nochmals ausführlich zusammengefasst worden (13). Nur hat sich niemand die Mühe gemacht, dies alles einmal im Original nachzuschauen (s. [10]).

V.

Das Thema und die Gewichtung früherer Daten und Reihen führt in das Gebiet der historischen Wissenschaftsforschung. In den Geowissenschaften hat es in den letzten Jahrzehnten verschiedene Versuche gegeben, auch organisatorisch die Arbeiten zu bündeln. Das ist nur teilweise gelungen und mancher gute Ansatz ist im Laufe der Zeit verschwunden bzw. nicht zur gewünschten Geltung gelangt. Andererseits muss festgehalten werden, dass in den USA,

158 Wilfried Schröder

England, Italien sowie Japan wesentlich intensivere Maßnahmen ergriffen wurden als dies etwa für Deutschland der Fall ist. Bedenkt man, dass die Geophysik und ihre verwandten Teildisziplinen (s. Ertel, [2]) gerade in Deutschland ihre Begründung erfahren haben, so ist das umso unverständlicher. Ein gewisses historisches Desinteresse an der eigenen Wissenschaft ist bei Geophysikern unübersehbar. Allerdings muss auch gesehen werden, dass durch den Wandel der letzten Jahrhunderte viele bedeutende Bücher und Originalquellen sowie Nachlässe verloren gegangen sind. Erschreckendes Beispiel ist dafür Emil Wiechert, der erste Geophysikprofessor der Welt. Sein Nachlass ist zerstört und nur noch einige Reste konnten gesichert werden. Wiechert steht für viele andere.

Somit ergibt sich die Notwendigkeit, die Geschichtsschreibung der Geophysik sowie ihrer Teildisziplinen neu zu begründen und zu entfalten. In Deutschland hat sich der "Arbeitskreis Geschichte der Geophysik und Kosmische Physik" (Leitung das Mitglied der Leibniz-Sozietät Hans-Jürgen Treder) dieser Aufgabe angenommen. Mit seiner Neubegründung 2000 und der Herausgabe der Schriftenreihe "Beiträge zur Geschichte der Geophysik und Kosmischen Physik" ist ein Schritt getan, um das historische Erbe interdisziplinär zu pflegen. Dabei werden auch Bezüge zur Meteorologie und Astronomie wahrgenommen.

Für die Leibniz-Sozietät ist interessant, dass bedeutende Geophysiker und Meteorologen Mitglieder der früheren Akademie der Wissenschaften waren. Namen wie Bartels, Defant, Ertel, von Fikker, Hellmann u. a. stehen für den Erkenntnisfortschritt der letzten Jahrhunderte. Das bedeutet, dass die Pflege dieser Geschichte zugleich ein Anliegen der Sozietät sein muss. Äußere Anlässe gibt es zur Genüge: 2004 jährt sich der 100. Geburtstag des heute weltbekannten Geophysikers, Meteorologen und Hydrodynamikers Hans Ertel (1904–1971). 2007 wird der 50. Wiederkehr des "Internationalen Geophysikalischen Jahres" durch die Internationale Union für Geophysik und Geodäsie (IUGG) gedacht. Man sieht, Bezüge gibt es hinreichend.

Was bedeutet dies alles für die vorgegebene Themenstellung?

Das Studium zurückliegender geophysikalisch-solarer Änderungen setzt die Kenntnis des Daten- und Beobachtungsmaterials voraus. Zugleich erfordert es eine Einordnung der daran beteiligten Beobachter, ihrer Instrumente und ihrer Publikationsmöglichkeiten. Die Heranziehung handschriftlicher Quellen, gerade bei früheren Polarlichtbeobachtungen unverzichtbar, setzt sorgsames Quellenstudium der Primärquellen voraus. Es ist gerade auf dem Gebiet der solar-terrestrischen Wechselwirkungen einfach zuviel abgeschrie-

ben worden, ohne dass die realen Beobachtungen neu gewertet wurden. Deshalb hatten sich in der Ausgangsarbeit von John S. Eddy bereits viele Fehler eingeschlichen, die zu Schlussfolgerungen führten, die dann nicht mehr haltbar waren. Dass die Diskussion um die solaren Minima dann jedoch derart zugenommen hat, lag sicherlich auch daran, dass es faszinierend ist, sich solche Variabilitäten vorstellen und an Hand älterer Daten belegen zu können. Das führte dann zu immer neuen Benennungen und Zeitspannen, die vorgeblich außergewöhnlich waren. Alles geschah weitestgehend ohne sorgsame historische Rückbesinnung, weil dafür die Möglichkeiten, offenbar auch die Zeit, fehlten.

Nun ist eine Situation entstanden, in der diese Minima oftmals beherrschendes Thema sind, ohne dass alle Beobachtungsfunde richtig eingeordnet werden. Es ist keine Frage, dass sich zu bestimmten Zeiten geringere Beobachtungsresultate finden. Nur muss gefragt werden, wie dies zu beurteilen ist. Dies macht deutlich, dass in der Geophysik und den Nachbardisziplinen eine umfassende Rückmeldung erfolgen muss.

Für die Sozietät heißt dies ganz allgemein, sie muss sich nicht nur allgemein ihrer Geschichte bewusst werden, sie muss vielmehr wesentlich mehr Personal- und Institutionsgeschichte betreiben als bisher. Es ist sehr schön, sich allgemein Gedanken zur Geschichte der Akademie zu machen. Jedoch ist die Besinnung auf die Wirkenden und ihrer Möglichkeiten wesentlich wichtiger und für die Forschung notwendiger.

Literatur

- (1) Eddy, J.A., Science 192 (1976), 1189
- (2) Ertel, H., Entwicklungsphasen der Geophysik, Berlin 1953.
- (3) Gleissberg, W., 1977, Betrachtungen zum Maunder-Minimum der Sonnentätigkeit. Sterne und Weltraum, 16, Nr. 7–8.
- (4) Hoyt, D.V., and K H. Schatten, The Role of Sun in Climate Change. New York, Oxford, Oxford University Press, 1997, 279 S.
- (5) Landsberg, H. E., 1980, Variable solar emissions, the Maunder minimum and climatic temperature fluctuations. Arch. Meteorol., Geophys. and Bioklimat. B 28, 181.
- (6) Legrand, J. P., M. Le Goff, C. Mazaudier and W. Schröder, 1991, L'activite solaire et l'activite aurorale au XVIIe siecle. Comptes rendus, ser. gener. 8, 181.
- (7) Medonza, B., A. Lara, D. Maravilla and E. Jauregui, J. atmosph. and solar-terr. Phys. 63 (2001), 1891.

- (8) Rozelot, J. P., 2001, Possible links between the solar radius variations and the earth's climate evolution over the past four centuries. J. atmosph. solar-terr. Phys. 63, 375.
- (9) Schröder, W., 1979, Auroral frequency in the 17th and 18th centuries and the Maunder Minimum. J. atmosph. terr. Phys. 41, 445.
- (10) Schröder, W., Das Phänomen des Polarlichts. Darmstadt: Wiss. Buchgesellschaft, 1984 (Nachdruck: Bremen 2000).
- (11) Schröder, W., J. Geom. Geoelectr. 44 (1992), 119.
- (12) Schröder, W., and H. J. Treder, Geofisica Internacional 38 (1999), 197-201.
- (13) Spoerer, G., Nova Acta Ksl. Leop.-Carol. Dt. Akad. Naturforscher Bd. LIII, Heft 2 (1889), 283.
- (14) Stix, M., The Sun. Heidelberg. 2000.
- (15) Tsiropoula, G., J. atmosph. and solar-terr. phys. 65 (2003), 469.

Industrielle Anwendungen der Nichtlinearen Optik. Einige physikalische, technische und wirtschaftliche Aspekte

1. Wird die Optik zum Innovationstreiber des 21. Jahrhunderts?

Optik, eingeschlossen Optoelektronik und Laser, in deren Grundlagen und Anwendungen Nichtlinearitäten eine dominante Rolle spielen, werden gelegentlich als die Innovationstreiber des 21. Jahrhunderts bezeichnet. Ich halte eine solche Wertung zwar zu verfrüht und auch für übertrieben, aber sie kennzeichnet wesentliche Entwicklungen und Trends, die sich seit etwa einem Jahrzehnt abzeichnen und die für einen längeren Zeitraum im Zusammenspiel mit der Elektronik unser Leben maßgeblich, wenn auch nicht immer offenkundig, bestimmen werden. Im Blickpunkt stehen zu recht weder Optik, noch Elektronik, Mechanik, Mikro- oder Nanotechnik und auch nicht das innere Zusammenspiel zwischen Hardware und Software, sondern die Funktionalität von Systemen, ihre Anwender- und Wartungsfreundlichkeit sowie die Kosten für Investition und Betrieb. Dies erfordert entsprechende Systeme mit hoher Leistungsfähigkeit, geringem Platzbedarf und niedrigen Kosten für den Nutzer. Diesen Anforderungen ordnen sich die einzusetzenden Technologien unter, oft bleiben sie dabei dem Nutzer verborgen; sie sind nur die Grundlage für fleißige, funktionsbestimmende Subsysteme im "schwarzen Kasten" des Produkts und werden dem gemäß häufig als "enabling technologies" bezeichnet. Wer denkt schon beim Telefonieren oder beim Surfen im Internet ständig an Laser, Laser- oder Raman-Verstärker, nichtlineare Regeneratoren für Amplitude und Phase, Lichtleitfasern, Photodetektoren, die schnellen Modulatoren und Router, die die überwältigende Menge der Daten über lange Strecken transportieren und schnell verteilen, oder bei der Nutzung des CD- bzw. DVD-Players an den funktionsbestimmenden Laser mit miniaturisierter automatischer Autofokus- und Spurregelung oder gar an die inhärenten Nichtlinearitäten, die die Basis der physikalischen und technischen Beherrschung der Erzeugung, Verstärkung und Manipulation von geeignetem Licht sind. Auch in der Industrie ist der Kunde für Bearbeitungsanlagen primär nicht an Lasern

und Ihren Eigenschaften interessiert, sondern an der Fähigkeit, mit hoher Qualität schnell und kostengünstig Arbeitsschritte am Werkstück auszuführen. Als Endkunden und ebenso als industrielle Kunden fragen wir in erster Linie nach Leistungsfähigkeit und Preis, aber kaum nach inneren technischen Spezifikationen. Die Optik kommt nur dort aus dem schwarzen Kasten heraus, wo sie uns an der Schnittstelle zum menschlichen Auge Informationen präsentiert, einerseits in den "klassischen" Versionen von Brille, Fernglas, Teleskop, Lupe, Mikroskop andererseits in Form von Displays am Ausgang von beliebigen Systemen. In den meisten modernen Anwendungen ist die Optik im Interesse der Systemleistung eine enge Symbiose mit Elektronik, Mechanik und Mikrotechnik eingegangen. Die Optik liefert - von der Entwicklungs- und Anwendungsseite her gesehen – eine wesentliche Grundlage für einen Ressourcenpool. Und in vielen Fällen sind die optischen Verfahren tatsächlich anderen Lösungsmöglichkeiten überlegen. Deshalb wurden in den letzten Jahrzehnten die Anstrengungen in der optischen Forschung und Entwicklung weltweit verstärkt und gleichzeitig wurden Öffentlichkeit und Regierungen in Publikationen auf die Bedeutung des Gebiets für die wirtschaftliche Zukunft hingewiesen, siehe bspw. [1], [2]. Der Weltmarkt allein für Optoelektronik (darunter werden Laser, Lichtleitfasern, optische Bauelemente der Informations- und Kommunikationstechnik und optische Displays zusammengefasst) hat zur Zeit ein Volumen von ca. 50 Mrd. € davon 8 Mrd. für Laserquellen, bei langfristig gemittelten jährlichen Wachstumsraten von 12%. Viel größer ist der Umsatz von Geräten, Systemen und Dienstleistungen, für die diese Bauelemente Voraussetzung sind. Dabei sind für weiteres Wachstum nicht nur neue, leistungsfähigere Funktionselemente und Wirkprinzipien Voraussetzung, sondern ebenso die Reduktion der Kosten für Herstellung und Betrieb kompletter Systeme.

2. Warum wurden Nichtlinearitäten in der Optik viel später erkundet und angewendet als in anderen Gebieten und warum spielen sie heute in der Optik eine so bedeutende Rolle?

Wenn denn die Optik so gewaltige Vorteile zu haben verspricht, warum kommen diese erst jetzt zu einer solchen Bedeutung als "enabling technology" und nicht wenigstens seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts, als die Mikroelektronik ihren Siegeszug begann und ein Startzeichen für eine Epoche setzte, in der technische Systeme nicht nur die menschlichen Muskeln, sondern auch das menschliche Gehirn unterstützen oder ersetzen?

Die prinzipiellen Vorteile der Optik für zeitlich und räumlich hohe Auflösung, aus denen sich bspw. die Eignung für schnelle Verarbeitung von Signalen und hochdichte Speicherung ergeben, sind eine Folge von hoher Frequenz und kurzer Wellenlänge, was seit langem bekannt ist. Lange mangelte es aber an den Fähigkeiten, das Licht ebenso souverän zu beherrschen wie die (langwelligeren) elektromagnetischen Wellen bis zum Hochfrequenz- und Mikrowellenbereich. In diesen Gebieten wurden bereits in den ersten Jahrzehnten nach den fundamentalen Experimenten von H. Hertz Oszillatoren und Verstärker für kohärente elektromagnetische Wellen mit stabiler und regelbarer Amplitude, Gleichrichter, Modulatoren und Demodulatoren, Frequenzvervielfacher und Frequenzmischer sowie Amplitudenbegrenzer konzipiert und gebaut. Grundlage waren die Beherrschung und Nutzung von Nichtlinearitäten. Sie kommen in die Maxwellgleichungen, die ganz allgemein die elektromagnetischen Erscheinungen – also auch die Optik – beschreiben, über nichtlineare Abhängigkeit der Polarisation sowie der Magnetisierung von den elektromagnetischen Feldstärken in Materialien.¹ Grundlage für die schnellen wissenschaftlichen und technischen Fortschritte war das Verständnis der Erzeugung von Schwingungen und Wellen durch Verstärkung des elektromagnetischen Rauschens und der Stabilisierung ihrer Amplituden über nichtlineare Prozesse, wobei unterschiedliche Ursachen für elektromagnetische Nichtlinearitäten im Radiowellenbereich gut bekannt waren. In verallgemeinerter Form wurden diese Erkenntnisse von B. van der Pol 1927 in einer Arbeit [3] zusammengefasst, die den Radiowellenoszillator mit stabiler Amplitude als rückgekoppelten nichtlinearen Rauschverstärker beschreibt.

Von diesem Zeitpunkt dauerte es noch drei Jahrzehnte, bis es gelang, diese Konzepte theoretisch und experimentell in die Optik zu übertragen, obwohl der Weg zur kohärenten Verstärkung von Licht aus dem Rauschen der spontanen atomaren Emissionsvorgänge theoretisch durch A. Einstein bereits 1916 gewiesen worden war, die genauen Bedingungen für optische Verstärkung durch V.A. Fabrikant 1940 formuliert wurden und die Möglichkeiten zur optischen Rückkopplung in Vielstrahlinterferometern seit dem Ende des 19. Jahrhunderts zur Verfügung standen. Im Unterschied zur Elektromagnetik bei niedrigen Frequenzen waren im optischen Bereich Nichtlinearitäten bis 1960 aber weder experimentell noch theoretisch erforscht. Einige frühe Ex-

¹ Nur bei extrem hohen Feldern (und besonders bei hohen, also auch optischen Frequenzen) treten sogar im Vakuum nichtlineare Phänomene (bspw. Erzeugung von Harmonischen oder Frequenzmischungen) auf.

perimente von S. I. Vavilov [4] fanden kaum Beachtung. Vereinfacht gesagt bauten die Optiker und Spektroskopiker zwar auf Einsteins Erkenntnissen zur stimulierten Emission auf, taten sich aber schwer, Methoden der Radiophysik, etwa die Ergebnisse von Barkhausen und van der Pol zu übertragen. Es gab ein "Henne-Ei-Problem", in dem zur Erzeugung substantieller Nichtlinearitäten starke optische Felder fehlten, zu deren Erzeugung man aber wiederum nichtlinear optische Oszillatoren benötigte. Deshalb wurde dann ab dem Ende der fünfziger Jahre des 20. Jahrhunderts der Durchbruch zur Erzeugung von optischer Strahlung mit stabiler Amplitude und zur Beherrschung von Nichtlinearitäten zur Frequenzwandlung und Strahlungsmanipulation im wesentlichen von Wissenschaftlern bewirkt, die auf dem Radiofrequenzgebiet bei immer höheren Frequenzen gearbeitet und dabei auch die stimulierte Emission in atomaren Systemen eingesetzt hatten und diese Konzepte und Methoden erfolgreich auf Licht übertrugen. Zunächst wurde eine neuartige amplitudenstabile Lichtquelle, der Laser, als nichtlinearer rückgekoppelter Verstärker für spontane Emission in den Arbeiten von N. G. Basov, A. M. Prokhorov und Ch. Townes (die ebenfalls zuvor auf dem Gebiet der Hochfrequenztechnik gearbeitet hatten) am Ende der fünfziger Jahre des 20. Jahrhunderts konzipiert und kurze Zeit später ab 1960 in vielen Varianten experimentell verwirklicht. Und zu Beginn der sechziger Jahre wurde die Nichtlineare Optik als neues Gebiet von Wissenschaft und Technik geschaffen. Vom Experimentellen her war dabei der Laser der Geburtshelfer, weil nur er die zur Entdeckung und Vermessung von nichtlinearen Phänomenen erforderlichen hohen elektromagnetischen Felder bei optischen Frequenzen liefern konnte. Der Laser spielt in diesem Zusammenhang also eine Doppelrolle: er beruht auf hochgradig nichtlinearen Erscheinungen und ist zugleich das notwendige Werkzeug zur Untersuchung nichtlinear optischer Erscheinungen. In den vier Jahrzehnten seit ihrer Geburt hat die nichtlineare Optik unser Verständnis von Lichtfeldern und ihrer Wechselwirkung mit Atomen, Molekülen und kondensierter Materie vertieft und einen gewaltigen Einfluss auf technische Entwicklungen auf dem Gesamtgebiet der Photonik und ihrer Anwendung erzielt. Hier seien besonders hervorgehoben (siehe bspw. [5]–[7]):

- die Beherrschung von Nichtlinearitäten im Laser zur
 - Amplitudenstabilisierung,
 - Frequenzstabilisierung und Bandbreitenbegrenzung,
 - Erzeugung ultrakurzer Lichtimpulse,
 - Frequenzkamm-Generation (die zugleich extreme Frequenzschärfe der einzelnen Moden und extrem kurze Impulse liefert, und sich damit so-

wohl für spektral als auch zeitlich hoch auflösende Messungen eignet),

- Nichtlinear optische Phasenkonjugation;
- · die Frequenzwandlung und Frequenzabstimmung mittels Erzeugung von
 - Harmonischen (bis zum weichen Röntgengebiet),
 - Summen- und Differenzfrequenzen,
 - Parametrischer Generation,
 - Stimulierter Raman- und Brillouinstreuung,
 - Mehrphotonenemission und Mehrphotonen-angeregte Einphotonenemission:
- die gezielte Materialveränderung mittels nichtlinear optischer Wechselwirkung von starken optischen Feldern mit atomaren Systemen in allen Aggregatzuständen (Festkörper, Flüssigkeiten, Gase, Plasmen) mit Anwendungen, siehe auch [7], bei
 - Materialbearbeitung zum Trennen und Fügen von Festkörpern,
 - Aufbau von Prototypen aus der flüssigen oder Gasphase (Rapid Prototyping),
 - Laserchirurgie,
 - Laser-gesteuerte Kernfusion,
 - Zellchirurgie und Zellmanipulation (u.a. Laserpinzette);
- die Lasermesstechnik mit
 - hoher spektraler Auflösung (bis zu Frequenzdifferenzen innerhalb der Doppler- aber auch der natürlichen Linienbreite),
 - hoher zeitlicher Auflösung (bis zu Zeiten im Attosekundenbereich, z.Z. einige 100 as [8]),
 - hoher räumlicher Auflösung (bis zu Strukturen unterhalb der Rayleighund Abbe-Grenze im Nah- aber auch im Fernfeld).

Bis zur breiten Nutzung der Nichtlinearen Optik und der Laser dauerte es dann aber noch mehr als zwei Jahrzehnte, in denen Baugruppen für Strahlerzeugung, -formung, -wandlung und -messung mit hinreichender Robustheit, Integrations-Bedienungsfreundlichkeit, sowie Zuverlässigkeit und Lebensdauer sowie akzeptablen Herstellkosten geschaffen werden mussten als Voraussetzung für Geräte wie auch Applikationen in Industrie und Dienstleistung. Als Beispiel nenne ich die optische Kommunikationstechnik, in der es mehrere Jahrzehnte dauerte, bis es Laser, Glasfasern, Laserverstärker, lineare und nichtlineare Bauelemente für Rekonstruktion von Amplituden- und Phasenverlauf der Signale für die Langstreckenübertragung sowie optische Lösungen (speziell Multiplexer und Demultiplexer) für Verzweiger auf der Sende- und Empfangsseite geschaffen wurden. Ebenso lange währte es, bis spezielle Hochleistungslaser, Frequenzwandler, Amplitudenstabilisierung und -rege-

lung sowie Sensorik sowie System- und Applikationsentwicklung für die Lasermaterialbearbeitung einen Stand erreichten, der den breiten industriellen Einsatz ermöglichte [9].

3. Industrietaugliche Quellen für kurze Lichtimpulse

Während es im Laboratorium seit langem eine außerordentliche Vielfalt von Lasern sowie Lasersysteme mit nichtlinear optischer Frequenzwandlung gibt, konnten sich bis vor wenigen Jahren aus den oben dargelegten Gründen nur wenige Laser in der Materialbearbeitung und in anderen industriellen Anwendungen durchsetzen. In der Breite hatten nur der CO₂-Laser und der Nd:YAG-Laser eine größere Bedeutung erlangt, für Spezialanwendungen im Mikrotechnikbereich kamen noch Excimerlaser mit ultravioletter Ausgangsstrahlung hinzu. Eine nichtlinear optische Frequenzwandlung wurde kaum eingesetzt. Laser für ultrakurze Lichtimpulse waren wegen der Komplexität der Systeme, ihres Wartungsbedarf und der hohen Kosten für Investition und Betrieb nicht einsetzbar.

Erst durch den Übergang zu kompakten reinen Festkörpersystemen konnten in den letzten Jahren industrietaugliche, robuste und wartungsarme Lichtquellen für ultrakurze Laserimpulse entwickelt werden.

Die Impulserzeugung und die Stabilisierung ihrer Parameter im kontinuierlichen Betrieb beruht – besonders bei den robusten passiven Verfahren, die zugleich die kürzesten Impulse liefern – maßgeblich auf der Wirkung von optischen Nichtlinearitäten, siehe bspw. [10]–[13]. Die Fortschritte, die heute beginnend und in naher Zukunft wachsend die Nutzung von Kurzzeitlasern in der Industrie ermöglichen, sollen kurz erläutert werden.

Ultrakurze Lichtimpulse können durch Phasenkopplung von möglichst vielen longitudinalen Moden (bestimmte Eigenschwingungen) eines Laserresonators innerhalb der Bandbreite der Emissionslinie des verstärkenden Materials erzeugt werden. Bei optimaler Kopplung überlagern sich die Felder dieser Moden zu bestimmten Zeitpunkten im Abstand von T_{Umlauf} konstruktiv, d.h. zu diesen Zeiten entsteht eine hohe resultierende Feldstärke, während sich zu allen anderen Zeiten die Feldstärken der Moden gegenseitig nahezu auslöschen. Damit entsteht ein Zug aus ultrakurzen Lichtimpulsen im zeitlichen Abstand T_{Umlauf} =2 L_{opt} /c, wobei 2 L_{opt} der optische Weg für einen vollen Umlauf im Resonator ist. Die Phasenkopplung kann in einfacher Weise mittels passiver nichtlinear optischer Methoden auf dem Wege der Selbstorganisation erreicht werden. Wir betrachten den Umlauf eines Impulses auf einem vollen Umlauf im Resonator, siehe Abb. 1.

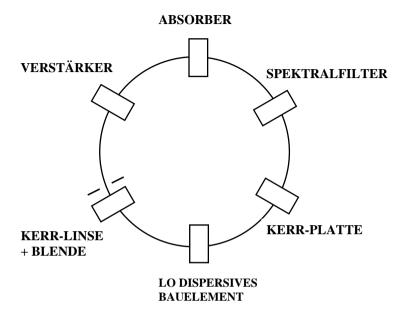


Abb. 1: Laserresonator mit linear optischen und nichtlinear optischen Bauelementen zur Erzeugung ultrakurzer Lichtimpulse

Zur Erhöhung der Übersichtlichkeit stellen wir den Umlauf in einem Ringlaser dar, in dem angeordnet sind:

- ein Verstärker (mit breitem Spektrum und nichtlinearer Verstärkung, die sich während des Impulsdurchlaufs durch Abbau der Besetzungszahlinversion ändert und dadurch den hinteren Teil des Impulses benachteiligt),
- ein sättigbarer Absorber (ebenfalls mit breitem Spektrum und nichtlinearer Absorption, die sich während des Impulsdurchlaufs durch Umbesetzung der Absorberniveaus ändert),
- ein spektrales linear optisches Filter, sowie weiterhin
- eine nicht resonante und nicht dispersive nichtlinear optische Kerr-Platte, (die den zeitlichen Verlauf der Phase des Impulses beeinflusst, nicht aber dessen Amplitude),
- eine nicht resonante und nicht dispersive nichtlinear optische Kerr-Linse mit nachfolgender räumlicher Blende, (die durch nichtlinear optische Selbstfokussierung mehr oder weniger Licht durch die Blende hindurchlässt und dadurch die Transmission in Abhängigkeit von der Größe der momentanen Amplitude beeinflusst), und

• ein linear optisches dispersives Element (das nur die Phase des Impulses, nicht aber dessen Amplitude verändert).

In diesen Komponenten wird der Impuls in seinen zeitlichen, spektralen und räumlichen Eigenschaften verändert². Der Verstärker, ein Festkörpermaterial mit breitem Spektralübergang für die Laseremission, bspw. Ti:Saphir, werde von einem Einschaltvorgang an kontinuierlich mittels Laserdioden³ gepumpt, wodurch sich Besetzungszahlinversion und Verstärkung aufbauen. Zunächst entwickelt sich ein Anfangsimpuls aus dem Rauschen der spontanen Emission des Verstärkers. Ein solcher Impuls erfährt bei jedem Umlauf im Verstärker eine etwas höhere Verstärkung an der Vorderflanke als an der Rückflanke und im Absorber eine schwächere Absorption im Impulsmaximum als an beiden Flanken bei sehr kurzer Relaxationszeit des Absorbers bzw. eine abnehmende Absorption vom Impulsanfang bis zum Impulsende bei langer Relaxationszeit. Für robuste Laser haben sich besonders Halbleiterabsorber bewährt (vgl. [13]). Das Zusammenspiel von Verstärker und Absorber bewirkt bei jedem Umlauf eine Verkürzung des Impulses, während die linear optische spektrale Filterung eine Verlängerung des Impulses bewirkt. Nach vielen Umläufen bildet sich unter geeigneten Bedingungen bereits mit diesen Bauelementen ein Gleichgewicht heraus, bei dem sich die Impulsform nicht mehr von Umlauf zu Umlauf ändert. Man erreicht ein Regime, das der Solitonenausbreitung ähnelt (vgl. [14]).

Die übrigen Elemente, die in dem Ringlaser der Abb. 1 enthalten sind, beschreiben einerseits zusätzliche inhärente Eigenschaften von realem Verstärker und Absorber sowie von den Resonatorspiegeln, aber auch zusätzliche Bauelemente, die bestimmte ungünstige Eigenschaften der anderen Komponenten kompensieren oder die Möglichkeit einer zusätzlichen Impulsverkürz-

Wenn die Veränderungen bei einem einzelnen Durchgang durch die verschiedenen Bauelemente klein sind, spielt die relative Lage und Abfolge der Elemente im Resonator keine wesentliche Rolle, und deshalb können wir in jeweils einem der hier dargestellten Bauelemente die entsprechenden Eigenschaften von mehreren realen Komponenten zusammenfassen, bspw. kann man die linear optische spektrale Filterwirkung von realem Verstärker, Absorber, Resonatorspiegeln usw. mittels des einen Spektralfilters darstellen. Abweichungen von diesen vereinfachenden Annahmen werden bspw. in [11] diskutiert.

³ Laserdioden sind gerade im industriellen Einsatz Pumplampen überlegen durch hohe Effizienz und ideale Möglichkeiten zur Anpassung ihrer schmalen Emissionslinie an das Absorptionsspektrum des betreffenden Verstärkermaterials, was außer einer Energieeinsparung eine geringere thermische Belastung des Verstärkers und als Folge höhere optische Qualität bewirkt. Außerdem besitzen die Laserdioden wesentlich höhere Lebensdauern als Pumplampen (einige 10 000 h gegenüber einigen 100 h), was zur Reduzierung des Wartungsaufwands und zur Erhöhung der Verfügbarkeit der Anlagen beiträgt.

ung bieten. Erstens beschreibt die Kerr-Platte die nicht resonante instantane Abhängigkeit des optischen Weges aller Bauelemente im Resonator von der (zeitabhängigen) Amplitude der Impulsfeldstärke $E_a(t)$ über die nichtlineare Brechzahl $n = n_0 + n_2 E_a^{\ 2}(t)$. Damit ändert sich auch die instantane Trägerfrequenz des Impulses, die sich als zeitliche Ableitung aus der Phase der Wel-

le zu ergibt (l Länge der Kerr-Platte). Diese Mo-

dulation der Trägerfrequenz ist mit einer spektralen Verbreiterung verbunden, die aber nicht unmittelbar eine Impulsverkürzung bewirkt, sondern eben nur eine zusätzliche Trägerfrequenzänderung während der Impulsdauer bedeutet, d.h., die verschiedenen Impulsteile sind durch unterschiedliche Wellenlängen bzw. Farben gekennzeichnet. In der Umgebung des Impulsmaximums ergibt sich eine monotone, nahezu lineare Änderung der Trägerfrequenz mit der Zeit, ein sogenannter Chirp des Impulses. Mit geeigneten linear optischen dispersiven Bauelementen (u.a. Prismen, Gitter, Interferometer, Pakete von dielektrischen Schichten) kann diese Phasenmodulation beseitigt werden, ohne die Bandbreite einzuengen, d.h. der Impuls kann zusätzlich verkürzt werden. (Genauere Untersuchungen dazu findet man in [11]–[13]). Auf diese Weise kann man immer erreichen, dass an der Auskoppelstelle des Resonators Bandbreite-begrenzte Impulse vorliegen, das sind Impulse ohne Phasenmodulation bzw. die kürzesten Impulse bei gegebener spektraler Bandbreite. Schließlich soll noch auf die Kombination von Kerr-Linse und räumlicher Blende eingegangen werden, weil diese bei Festkörpersystemen eine besondere Rolle spielen kann. Im vorigen Punkt hatten wir bei der nichtlinear optischen Brechzahl ausschließlich deren Zeitabhängigkeit betrachtet, was aber nur für ausgedehnte ebene Wellen gerechtfertigt ist. In der Kerr-Linse soll nun die bisher vernachlässigte Abhängigkeit der Brechzahl von den transversalen räumlichen Koordinaten (bei Zylindersymmetrie nur von der Radialkoordinate r) erfasst werden. Wenn wir in der obigen Formel für n die Abhängigkeit der Feldstärkeamplitude E_a von t und r berücksichtigen, also Ea(t;r), so erhalten wir eine Brechzahl die sich vom Zentrum nach außen verändert, also je nach dem Vorzeichen von n2 eine Sammel- oder Zerstreuungslinse darstellt, deren Brechkraft für das Impulsmaximum am größten ist. Wir nehmen an, dass eine

⁴ Die quadratische Abhängigkeit der Brechzahl von der Feldstärke entspricht einem nichtlinear optischen Effekt dritter Ordnung gemäß dem Beitrag zur Polarisation, der proportional zur dritten Potenz der Feldstärke ist. Damit tritt dieser Effekt wie alle nichtlinear optischen Effekte ungerader Ordnung auch in Medien mit Inversionssymmetrie auf, also bspw. auch in Gläsern, Flüssigkeiten oder Gasen.

Sammellinse vorliegt und dass die Brechkraft im Impulsmaximum so groß ist, dass die nachfolgende Blende in diesem Moment nahezu die volle Impulsleistung hindurchgehen lässt, während der Impuls an der Vorder- und Rückflanke stark geschwächt wird, was wiederum eine Verkürzung bedeutet. Bevor geeignete Halbleiterabsorber entwickelt wurden, war das Kerr-Linsen-Modelocking, wie dieses Verfahren auch bezeichnet wird, die einzige robuste Möglichkeit, mit Festkörpersystemen eine stabile passive Erzeugung ultrakurzer Impulse zu erreichen.

Insgesamt geben die beschriebenen Basisbauelemente mit ihren spezifischen linearen und nichtlinearen Eigenschaften die Möglichkeit, unterschiedliche Systeme zur Erfüllung von Anwenderforderungen zu konzipieren und herzustellen. Heute bieten bereits eine Reihe von Firmen (siehe bspw. Messekatalog LASERS' 2003, München) derartige Festköpersysteme zur Erzeugung von ultrakurzen Lichtimpulsen im Piko- und Femtosekundenbereich in weiten Leistungsbereichen an. Die meisten sind allerdings für den Einsatz im Laboratorium gedacht, und nur wenige erfüllen die Anforderungen eines robusten Dauereinsatzes in Industrie oder Dienstleistung.

Industrietaugliche Kurzpulsquelle: Hier möchte ich beispielhaft auf ein Pikosekundensystem der Jenoptik eingehen, bei dem die Erzeugung von kurzen Impulsen mit hoher Folgefrequenz in erster Linie eine effektive Frequenzwandlung des Laserlichtes ermöglichen soll [15], [16]. Das Grundsystem besteht aus einem Nd:YVO₄ Laseroszillator und einem nachfolgenden Nd:YVO₄ Leistungsverstärker. Der Laseroszillator ist ähnlich wie oben beschrieben aufgebaut, jedoch aus konstruktiven Gründen nicht als Ringsystem und enthält als Hauptelemente das aktive Festkörpermaterial und einen Halbleiterabsorber (das linear optische Spektralfilter ergibt sich hier aus der spektralen Selektivität von Resonatorspiegeln sowie Verstärker und Absorber). Durch besondere konstruktive Maßnahmen wird ein Laserbündel beugungsbegrenzter Divergenz (M²< 1.1) abgestrahlt. Der Laser mit einer Mittenwellenlänge von 1064 nm ist für eine Impulslänge von 8 Pikosekunden und eine Folgefrequenz von 120 MHz ausgelegt. In einem nachfolgenden Leistungsverstärkersystem, das die volle Impulsfolge, d.h. 120 MHz, verstärkt, wird eine mittlere Ausgangsleistung von etwa 60 W ohne Veränderung von Impulsdauer und M² erreicht, was einer Impulsspitzenleistung von etwa 70 kW entspricht.

Nichtlinear optische Frequenzwandlung der verstärkten Impulse: Mit diesen Parametern ist das beschriebene System hervorragend für nichtlinear optische Frequenzwandlungen geeignet.

Zum Beispiel ist bei Verwendung von nichtlinear optischen Prozessen zweiter Ordnung zur Erzeugung der zweiten Harmonischen die Leistung der Harmonischen bei der Frequenz 2ω in weiten Bereichen proportional zur zweiten Potenz der Leistung der Fundamentalstrahlung⁵. Analoges gilt bei der Erzeugung von Summen- und Differenzfrequenzen. Dadurch kann hier mit den hohen Ausgangsleistungen der infraroten Grundwelle des beschriebenen Lasersystems die 2., 3. und 4. Harmonische (bei Wellenlängen von 532 nm, 355 nm bzw. 256 nm) bei hohen Wandlungsraten erzeugt werden⁶. Damit stehen in sehr unterschiedlichen Wellenlängenbereichen, besonders auch im ultravioletten Spektralbereich Lichtquellen hoher mittlerer Leistung von einigen 10 W sowie Spitzenleistungen einigen 10 kW zur Verfügung.⁷ Dies ist besonders für die Lasermaterialbearbeitung von Bedeutung, siehe folgenden Abschnitt.

Primäres Entwicklungsziel des oben beschriebenen Lasersystems war allerdings ein völlig anderes, nämlich die Erzeugung einer Hochleistungs-RGB-Strahlungsquelle für Display-Anwendungen. Dies ist ein Lasersystem, das balanciertes Weißlicht mit 25 W Leistung durch Mischung von Rot, Grün und Blau (hier mit Wellenlängen bei 628 nm, 532 nm und 446 nm und Leistungen von 9 W, 7 W, bzw. 9 W) emittiert [JO,Mü]. Das Bemerkenswerte an diesem System bezüglich der Anwendung von nichtlinear optischen Frequenzwandlungen besteht darin, dass hier neben den Generatoren für Harmonische und Frequenzmischungen ein optisch parametrischer Generator zum Einsatz kommt. Ein optisch parametrischer Generator besteht aus einem geeigneten Kristall mit einer optischen Nichtlinearität zweiter Ordnung, der mit hochfrequenter Laserstrahlung der Frequenz ω_P gepumpt wird. In Umkehrung der Frequenzmischung entsteht Strahlung bei zwei Frequenzen ω_I und

⁵ Diese einfache Proportionalität gilt nur unter bestimmten Bedingungen, speziell nur bei Umwandlungsraten <<1 und für nicht zu große Spektralbreiten der Strahlung und nicht zu kurze Impulse. Außerdem sei hier anknüpfend an Fußnote 4 darauf hingewiesen, dass zur nichtlinear optischen Frequenzwandlung in zweiter Ordnung nur Materialien ohne Inversionssymmetrie, also nur Kristalle bestimmter Gruppen eingesetzt werden können. Zu genaueren Untersuchungen siehe [5].

⁶ Die dritte und vierte Harmonische werden durch zwei aufeinanderfolgende nichtlinear optische Prozesse zweiter Ordnung erzeugt (3ω aus ω +2ω bzw. 4ω aus 2ω+ 2ω), also einmal durch die Aufeinanderfolge der Erzeugung der 2. Harmonischer und einer anschließenden Summenfrequenzerzeugung und einmal durch die Abfolge von zwei Erzeugungsprozessen der 2. Harmonischen.

⁷ Bei einer Fokussierung in den nichtlinear optischen Kristall mit einem Taillendurchmesser von etwa 0,05mm werden Spitzenintensitäten der Grundwelle von etwa 2,4 GW/cm² erreicht, was Feldstärken von 1,3 MV/cm entspricht.

 ω_2 mit $\omega_P = \omega_1 + \omega_2$, den man als Energieerhaltungssatz der wechselwirkenden Photonen interpretieren kann. Neben dem Energieerhaltungssatz muss für die Photonen auch ein Erhaltungssatz für die Photonenimpulse bzw. die Propagationsvektoren der Strahlungsfelder $\vec{k}_P = \vec{k}_1 + \vec{k}_2$ gelten. Durch geeignete Orientierung der Kristallachsen relativ zur Pumpstrahlungsrichtung sowie Temperierung des Kristalls können die Energie- und Impulserhaltung für ein bestimmtes Verhältnis zwischen ω_1 und ω_2 gleichzeitig erfüllt werden. Durch Veränderung von Orientierung und Temperatur können dadurch diese beiden Frequenzen abgestimmt werden. Die parametrische Erzeugung von abstimmbarem Licht ist ebenso wie die Erzeugung von Harmonischen sowie Summen- und Differenzfrequenzen bereits seit den sechziger Jahren bekannt. Durch ihre hohe Komplexität waren optisch parametrische Generatoren aber bisher in robusten kommerziellen Anwendungen nicht einsetzbar. Nun liegt erstmals ein industriell einsetzbares System mit abstimmbaren Impulsen hoher Folgefrequenz und Leistung vor.

4. Nichtlinear optische Prozesse in der Laserbearbeitung von nichtmetallischen Werkstoffen

Die Lasermaterialbearbeitung setzt sich dank ihrer potentiellen Vorteile sowie der steigenden Qualitäts- und Produktivitätsanforderungen beim Trennen und Fügen von Werkstoffen in vielen Aufgabenbereichen durch. Am weitesten ist dies in der Metallbearbeitung erfolgt, wobei jedoch selbst in diesem Falle bisher nur ein kleiner Teil der lohnenden Anwendungen erschlossen ist, was zum Beispiel Analysen zum Schweißen im Automobilbau zeigen. Immer mehr verlangt aber auch der wachsende Einsatz von nichtmetallischen Werkstoffen – unter anderem Glas, Keramik, Polymere und Verbundmaterialien – geeignete Laserbearbeitungsverfahren. Noch ausgeprägter als in der Metallbearbeitung entscheiden hier die speziellen Materialeigenschaften und das Ziel der Bearbeitung über die optimalen Parameter der verwendeten Strahlung, dies gilt für Wellenlänge, Leistung, Strahlungsprofil, kontinuierliches oder gepulstes Regime, Impulsdauer und Polarisationszustand. Letztendlich bestimmen die Kundenprobleme, wie die Systeme zu konzipieren sind.

Die nichtlineare Optik spielt für die Lasermaterialbearbeitung aus zwei unterschiedlichen Gründen eine wichtige Rolle. Zum einen kann sie eingesetzt werden, um Strahlung geeigneter Wellenlänge (vom infraroten bis zum ultravioletten Spektralbereich) und Impulse gewünschter Dauer zu erzeugen, worauf im vorigen Abschnitt bereits eingegangen wurde. Zum anderen spie-

len in der Lasermaterialbearbeitung nichtlinear optische Prozesse eine wichtige Rolle bei der Wechselwirkung der intensiven Laserstrahlung mit dem zu bearbeitenden Material.

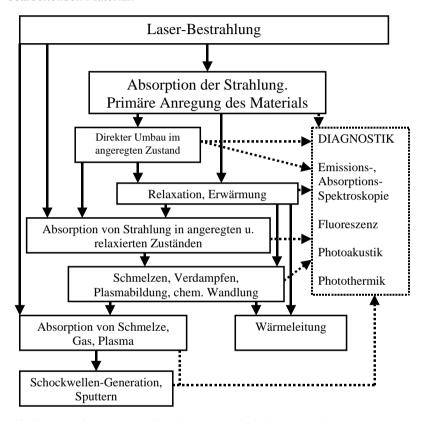


Abb. 2: Schema der Lasermaterialbearbeitung mit ablaufenden Prozessschritten und Diagnostikverfahren zu deren Verfolgung

Anregung durch Ein- und Mehrphotonenabsorption: In diesem Abschnitt soll auf diesen zweiten Aspekt eingegangen werden. Während im vorigen Abschnitt nur nichtlinear optische Prozesse beschrieben wurden, bei denen während der Wechselwirkung keine Energie aus dem Strahlungsfeld auf das Material übertragen wird (zumindest im angestrebten Idealfall), steht hier gerade diese Energieübertragung durch Ein- und Mehrphotonenabsorption im Vordergrund. Im Schema der Abb. 2 sind wichtige Prozesse angegeben, die im Verlauf und als Folge der Laserbestrahlung ablaufen. Zunächst wird das

Material durch Ein- oder Mehrphotonenabsorption oder durch nichtelastische Lichtstreuung angeregt, das heißt, Energie wird vom Strahlungsfeld auf das Werkstück übertragen. In Gebieten starker Einphotonenabsorption spielen die anderen genannten Prozesse zumeist keine wichtige Rolle und können außer Betracht bleiben. Die Multiphotonenabsorption (und als Spezialfall auch die Multiphotonenionisation) tritt substantiell in Erscheinung, wenn die Energie eines einzelnen Photons kleiner ist als der energetische Abstand zwischen dem Grundniveau eines Moleküls und seine höher liegenden Niveaus (bzw. die Bandlücke) nicht überwinden kann, aber diese Energielücke durch mehrere Photonen mit einer Frequenz oder mit unterschiedlichen Frequenzen überbrückt werden kann. ⁸ Die Übergangswahrscheinlichkeit ist proportional zur nten Potenz der Intensität. Da die entsprechenden Mehrphotonenabsorptionsquerschnitte sehr klein sind, benötigt man hohe Leistungen, um während einer kurzen Bestrahlungszeit nennenswerte Umbesetzungen zu erhalten. Bei sehr kurzen Impulsen mit extrem hoher Intensität kann noch ein anderer Ionisationseffekt in Erscheinung treten, der nicht mit Mehrphotonenprozessen beschreibbar ist: die hohen elektrischen Lichtfeldstärken überlagern sich mit den innermolekularen Feldern und verbiegen so auch die Potentialflächen, die die Bewegung der Valenzelektronen bestimmen, im Takt der Lichtfrequenz; dabei kann die Potentialänderung in einer bestimmten Phase der Feldstärkeoszillation so erheblich sein, dass ein Elektron freigesetzt wird, also ebenfalls ein Ionisationsprozess auftritt, der nicht durch einen Mehrphotonenprozess einer bestimmten Ordnung beschreibbar ist, was nämlich voraussetzt, dass die äußeren Felder als Störung klein gegen (oder mindestens kleiner als) die inneren Felder sind. Dieser Effekt kann bei der Plasmaerzeugung und bei der Materialbearbeitung mit kurzen Impulsen eine wichtige Rolle spielen. Bspw. haben wir bei der Bearbeitung von Kristallen, deren Bandlücke sehr viel größer ist als die Photonenenergie der verwendeten Femtosekundenimpulse, festgestellt, dass - bei gleicher Impulsenergie - die Laserwellenlänge für eine

$$k_{mpa}^{(n)} = \frac{dW^{(n)}(\omega_1, ..., \omega_n)}{dt} = \sigma^{(n)}(\omega_1, ..., \omega_n) \left[\frac{I_1(\omega_1)}{\hbar \omega_1} \cdot ... \cdot \frac{I_n(\omega_n)}{\hbar \omega_n} \right]$$

wobei $\sigma^{(n)}$ der Absorptionsquerschnitt für n-Photonenabsorption und $I_m(\omega_m)$ die Intensität (Leistung pro Flächeneinheit) der Strahlung bei der Frequenz ω_m am Ort der Wechselwirkung ist. Genauere Untersuchungen zum nichtstationären Regime und zum Einfluss des Abbaus der Anregungsstrahlung findet man in [5].

Dabei ist die Übergangswahrscheinlichkeit pro Zeiteinheit d $W^{(n)}/dt$ (bzw. Übergangsrate $k^{(n)}$) eines Moleküls infolge der gleichzeitigen Absorption von n Photonen mit den Frequenzen $\omega_1, \dots, \omega_n$ gegeben durch

effektive Materialbearbeitung nur von untergeordneter Bedeutung ist, während die Effizienz und Qualität der Bearbeitung mit einer Verkürzung der Impulsdauer sehr stark zunimmt.⁹

Als Folge der primären Anregung von höheren Elektronen- oder Kernbewegungszuständen des Materials können eine Vielzahl von Prozessen ablaufen. Zunächst können in den primär elektronisch angeregten Zuständen molekulare Umlagerungen oder chemische Veränderungen ausgelöst werden, bevor die Anregungsenergie über Elektron-Elektron- und Elektron-Phonon-Wechselwirkung auf andere lokale Freiheitsgrade des atomaren Systems oder auch räumlich verteilt wird, wobei zur räumlichen Verteilung außer den direkt am Relaxationsprozess beteiligten Phononenmoden auch andere Phononen und die Wärmeleitung beitragen.

Absorptionsübergänge aus dem primär angeregten Zustand: Außerdem können während der Lebensdauer der primären Anregung weitere Absorptionsprozesse auftreten, sogenannte Stufenabsorptionen, in deren Folge sehr hoch angeregte molekulare Spezies oder sogar nach Ionen und freie Elektronen entstehen. Die Stufenprozesse führen insgesamt zur Vernichtung von mehreren Photonen während einer molekularen Anregungskette und ähneln in diesem Sinne der Mehrphotonenabsorption; deshalb bezeichnet man sie gelegentlich auch als Mehrphotonenprozesse mit realen resonanten Zwischenniveaus. Diese Stufenabsorptionsprozesse von dem ersten angeregten Zustand in einen noch höheren angeregten Zustand 2 sind bei Verwendung intensiver kurzer Lichtimpulse besonders wichtig, da die entsprechende Ra-

tenkonstante $k_{Stufenabs} = \sigma_{12}^{(1)} \left(\omega\right) \left[\frac{I(\omega)}{\hbar\omega}\right]$ für die von der ersten Stufe ausgehende

Es sei hier angemerkt, dass dieser Feldstärkeeffekt in jüngster Zeit eine ganz andere Anwendung gefunden hat bei der Erzeugung von Attosekundenlichtimpulsen im Extremen Ultraviolettbereich (mit Wellenlängen von einigen Nanometern bis zu einigen zehn Nanometern auch als Weiches Röntgengebiet bezeichnet) bei Anregung von Atomen in der Gasphase mit Femtosekundenlichtimpulsen (Wellenlängen um 800 nm und Impulsdauern von etwa 5 fs). Der kurzwellige Attosekundenimpuls kommt durch die oben beschriebene kohärente Potentialveränderung zustande, infolge der ein Elektron pro Atom durch Tunneleffekt freigesetzt wird. Diese Elektronen verbleiben unter Wirkung des (kohärenten) Lichtfeldes und kommen nach hoher Beschleunigung (innerhalb einer Zeit, die kürzer eine halbe Schwingungsperiode der Trägerwelle ist) in die Nähe des Atomrumpfes zurück, wo sie nun mit hoher Wahrscheinlichkeit unter Emission sehr kurzwelliger Photonen wieder in einem tiefen gebundenen Atomzustand eingefangen werden. Bei diesem Effekt hängt die notwendige Teilchenbeschleunigung sehr stark von der relativen Phasenlage zwischen Trägerwelle und Maximum des Anregungsimpulses an. Deshalb war die Kontrolle dieser Phasenlage, die kürzlich erreicht werden konnte, eine Voraussetzung für solche Experimente, siehe bspw. [8].

Einphotonenabsorption proportional zur Lichtintensität ist, im Unterschied zu den intensitätsunabhängigen Raten, die die Entleerung des ersten angeregten Zustands durch unterschiedliche Relaxationsprozesse beschreiben – chemische Reaktionen und Fluoreszenz eingeschlossen. Solche Absorptionsprozesse können eine besonders große Rolle spielen, wenn das Material im Grundzustand nahezu transparent ist, wobei die kleine Absorption durch eine sehr niedrige Einphotonenabsorption oder durch eine "echte" Mehrphotonenabsorption bewirkt werden kann. Unter geeigneten Bedingungen können (infolge der zumeist sehr schnellen Relaxationsprozesse zwischen den höheren Zuständen und dem ersten angeregten Zustand) während der Lebensdauer des ersten angeregten Zustandes sehr viele Absorptionsprozesse stattfinden, die insgesamt Ursache für die nachfolgenden Materialveränderungen sind. In der Folge erfährt der Lichtimpuls eine viel stärkere Schwächung als aus dem üblichen (linear optischen) Absorptionsspektrum zu erwarten.

Absorptionsprozesse aus sekundär besetzten Zuständen: Wie bereits erwähnt, können aus dem primär angeregten Zustand andere Zustände auch ohne weitere Strahlungseinwirkung allein durch Relaxationsprozesse entstehen. Anschließende Absorptionsprozesse können nun auch von solchen sekundär entstandenen Zuständen ausgehen. Unter dem Aspekt der Lasermaterialbearbeitung ist es wichtig, dass es unter diesen Zuständen auch langlebige gibt (bspw. niedrigste Tripletts mit Lebensdauern im Mikro- bis Millisekundenbereich) und sogar dauerhafte (zum Beispiel andere chemische Spezies im Grundzustand oder stabile Festkörperdefekte). Dies bedeutet, dass nun gegebenenfalls auch während einer längeren Strahlungseinwirkungszeit Absorptionen der sekundären Spezies auftreten können, während die primär angeregten molekularen Zustände zumeist nur kurze Lebensdauern im Pikobis Nanosekundenbereich zeigen. Wenn man zum Beispiel optisches Quarzglas oder optische Kristalle wie Quarz oder Kalziumfluorid, deren Bandlücken größer als 5 eV sind, mit Photonen einer Energie von etwa 1 eV bestrahlt, so werden - selbst in defektfreien Gebieten - angeregte Zentren durch Mehrphotonenabsorption erzeugt. Aus diesen können sich sekundär relativ stabile Defekte, u.a. Farbzentren, bilden, die in der Folge für weitere Absorptionen zur Verfügung stehen. So bilden sich zum Beispiel bei der Bestrahlung von Kalziumfluoridkristallen mit Femtosekundenimpulsen schon bei niedrigen Impulsenergien pro Fläche deutlich sichtbare farbige Bearbeitungsspuren heraus. Werden diese Bereiche von weiterer Laserstrahlung getroffen, können diese vorbestrahlten Gebiete relativ leicht zerstört werden, weil die entstandenen Defekte starke Einphotonenabsorption zeigen, die zur

Erwärmung mit lokaler Aufschmelzung, Verdampfung und Plasmabildung führt. Dabei ist noch zu bemerken, dass verdampfendes Material und Plasma eine starke Lichtabsorption zeigen können, durch die im Extremfall keine Strah-lung in tiefer gelegene Zonen des Werkstoffs eindringen kann. Dieser Effekt kann zur Beschränkung der Laserbearbeitung auf oberflächennahe Gebiete genutzt werden. ¹⁰

Materialtrennung durch geführte Risserzeugung: Es soll hier noch auf andere mögliche Folgen der lokalen Materialerwärmung hingewiesen werden, die schon bei relativ schwacher Einwirkung von Laserstrahlung auf spröde Materialien von Bedeutung sein kann. Die lokale Erwärmung des Materials bewirkt mechanische Spannungen im Werkstück, die wiederum zu (reversiblen aber auch irreversiblen) Defekten im Gitter und speziell zu Mikrorissen führen können. Dies kann einerseits Bearbeitungsprozesse stören und andererseits zur gezielten Erzeugung von Materialbrüchen bzw. Sollbruchstellen ausgenutzt werden.

In der Jenoptik Automatisierungstechnik wurden verschiedene Systeme entwickelt, mit denen Glas, optische Kristalle und Halbleiterwafer bei niedrigem Aufwand an Laserenergie (je nach Wellenlänge für Ein- oder Mehrphotonenabsorption) durch genaue Führung der Rissausbreitung getrennt werden können. Vorteile gegenüber dem mechanischen Ritzen und Brechen, aber auch gegenüber anderen Laserverfahren, bestehen in der hohen Qualität der getrennten Teile (keine Risse und Spannungen in den getrennten Teilen, keine Nachbearbeitung!) und der Vermeidung von Debris (Erreichung von Reinraumtauglichkeit!), siehe [17],[18].

Mikrobearbeitung mit kurzen Impulsen bei "Abkopplung" der Wärmeleitung: Bei kontinuierlicher Lichteinstrahlung sowie bei der Einwirkung langer Impulse setzt die Wärmeleitung Grenzen für die geometrische Genauigkeit der Bearbeitung. Die Lichtabsorption – und damit die primäre Energiedeposition – kann zwar auf sehr kleine Gebiete mit Lineardimensionen in der Größenordnung der Lichtwellenlänge bzw. des reziproken Absorptionskoeffizienten beschränkt werden. Aber bereits während der Einstrahlung fließt die Wärme aus der bestrahlten Region in andere Bereiche, was auch dort zu Materialveränderungen führen kann. Bei Fokussierung sehr intensiver ultrakurzer Lichtimpulse in stark absorbierendes Material wird dieses im Depositionsbereich

¹⁰ Dieser Effekt wurde auch in der Laserophthalmologie angewandt, um mit Nd:YAG-Laser-Impulsen, die gemäß den linear optischen Eigenschaften bis zur Netzhaut vordringen könnten, ausschließlich im vorderen Augenbereich Wirkungen zu erzeugen und das Eindringen von Licht in tiefere Bereiche zu vermeiden.

sofort zerstört, d.h. in Gas und gegebenenfalls viele kleine flüssige und/oder feste Cluster zerlegt, die mit hoher Geschwindigkeit wegfliegen. Während dieser kurzen Zeit kann kaum Wärme in die Umgebung abfließen, weshalb man auch von einer "kalten" Bearbeitung spricht. Hierdurch kann man die optisch möglichen Strukturgenauigkeiten und damit die bestmögliche Qualität einer optischen Bearbeitung erreichen. Allerdings muss man sich in kleinen Schritten in die Tiefe vorarbeiten, wodurch Zeitaufwand und Kosten wachsen.

5. Schlussbemerkung

Die industrielle Nutzung von Nichtlinearer Optik und Lasern steht immer noch am Anfang. Die möglichen Bearbeitungsprozesse müssen genauer erfasst und verstanden werden, um auf dieser Grundlage optimierte Verfahren und die dafür erforderlichen Anlagen zu entwickeln. Zur Erreichung hoher Qualität und Arbeitsgeschwindigkeit müssen die Prozesse voll kontrolliert werden, was die sensorische online Erfassung von Anlagenparametern und Bearbeitungsergebnissen sowie die schnelle Nutzung der Messergebnisse für die Prozessregelung erfordert.

Der Kostenaspekt darf – wie bereits erwähnt – keinesfalls außer acht gelassen werden. Um dies zu verdeutlichen, fragen wir, wie viel zur Zeit ein Mol Photonen mit einer Quantenenergie von etwa 1 eV am Ausgang von verschiedenen Systemen kostet und unterstellen dabei, dass man mit einem Mol solcher Photonen etwa ein Mol eines Materials abtragen oder Aufbringen kann. Am günstigsten liegen Hochleistungslaserdioden mit etwa 0,20 €Mol, Festkörperlaser mit guter Strahlqualität liegen bei etwa 1–2 €Mol und Ultrakurzeitlaser bei etwa 50-100 €Mol. Jede zusätzliche nichtlinear optische Frequenzwandlung erhöht die Kosten nochmals um einen Faktor 2–3. Die am Werkstück vorgenommene Bearbeitung muss also (auch im Vergleich zu anderen Verfahren) so stark werterhöhend wirken, dass dieser Aufwand im Endprodukt realisiert werden kann. Deshalb sind mikrotechnische Anwendungen bevorzugt. Daraus ist weiter zu schlussfolgern, dass gerade bei der Lasermaterialbearbeitung – und besonders beim Einsatz ultrakurzer Lichtimpulse und nichtlinear optischer Frequenzwandlungen – für eine Vergrößerung der Anwendungsbreite Kostensenkungen von substantieller Bedeutung sind. Und es sei hervorgehoben, dass sich auch solche entscheidenden Kostensenkungen nur mit neuen wissenschaftlichen Ansätzen und Ergebnissen für Prozess und Ausrüstung erreichen lassen, u.a. auch zur Miniaturisierung von Systemen und Subsystemen, siehe bspw. [19], [9].

Anmerkungen

- [1] National Research Council, Harnessing Light. Optical Science and Engineering in the 21. Century, National Academy Press, Washington 1998
- [2] Lenkungskreis, Deutsche Agenda Optische Technologien für das 21. Jahrhundert, VDI, Düsseldorf 2000
- [3] B. van der Pol, Phil. Mag., 3, 65, 1927
- [4] S. I. Vavilov et al., Z. Phys. 35, 920, 1926
- [5] M. Schubert, B. Wilhelmi, Nonlinear Optics and Quantum Electronics, Wiley, New York 1986
- [6] B. Wilhelmi, Nonlinear Optics, in "Electrical Engineering", U. Magdeburg 1999, S. 285
- [7] CLEO Europe, München 2003, Conference Digest on CD
- [8] F. Krausz, CLEO Europe, München 2003, Conference Digest on CD, und Physik Journal, März 2003, S. 45
- [9] B. Wilhelmi, in "Lasers in Research and Engineering", Springer, Berlin 1999, S.739
- [10]J. Herrmann, B. Wilhelmi, Lasers for Ultrashort Light Pulses, 2. Aufl., Akademie, Berlin 1987 und North Holland, Amsterdam 1987
- [11]W. Rudolph, B. Wilhelmi, Light Pulse Compression, Harwood, Chur, 1989
- [12]J. Diels, W. Rudolph, Ultrashort Laser Pulse Phenomena, 2. Aufl., Academic, San Diego, 2003
- [13]U. Keller, Semiconductors and Semimetals, 59, 211, 1999
- [14]J. Diels et al., J. Opt. Soc. Am., B2, 680, 1985
- [15]G. Hollemann et al., SPIE, 3954, p. 140, 2000
- [16]Braun et al., CLEO Europe, München 2003, Conference Digest on CD
- [17]B. Wilhelmi, 41. IWK, Ilmenau 1996, S. 21
- [18]S. Georgi, LPM 2003, München 2003, Conference Digest
- [19]B. Wilhelmi, Microwave and Opt. Techn. Lett., 17, 111, 1998

Hannelore Bernhardt

Richard von Mises und die Berliner Akademie der Wissenschaften

Vorgetragen in der Sitzung der Klasse für Naturwissenschaften am 18.09.2003

Diese Reminiszenz ist Richard Edlem von Mises (1883–1953) anlässlich seines 120. Geburtstages (am 14. April) und des 50. Todestages (am 14. Juli) gewidmet. Mises wurde im Jahre 1950 zum Korrespondierenden Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften gewählt, jedoch hat er ebenso, wie im gleichen Jahr der Mathematiker John von Neumann (1903–1957), diese Wahl nicht angenommen – zwei von drei Fällen in der Geschichte der DAW.

R. v. Mises zählt zu den profiliertesten Vertretern der angewandten Mathematik der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Sein reiches wissenschaftliches Werk brachte ihm vor allem im höheren Lebensalter Ehren und Anerkennungen. Mit seinem Versuch einer exakten Begründung der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf der Grundlage der Häufigkeitskonzeption wurde er über mathematische Fachkreise hinaus auch unter Naturwissenschaftlern bekannt.²

Das Archiv der BBAW bewahrt eine Akte auf, die über den Vorgang der "Berufung R. v. Mises zum Korrespondierenden Mitglied" Auskunft gibt.³

- 1 Werner Scheler: Von der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin zur Akademie der Wissenschaften der DDR. Berlin 2000, S. 157.
- Zu historischen Aspekten dieser Entwicklung vgl. u.a. Hannelore Bernhardt: Richard von Mises und sein Beitrag zur Begründung der Wahrscheinlichkeitsrechnung im 20. Jahrhundert. Diss. B, Berlin 1984 (unveröff.); Zum Leben und Wirken des Mathematikers Richard von Mises. NTM Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Medizin 16 (1979), 2, 40–49.; Zum Vergleich der wahrscheinlichkeits-theoretischen Konzepte von R.v.Mises und A.N.Kolmogorov. Beiträge von Wissenschaften in Berkley (USA) 21.7.–8.8.1985. In: Perspektiven Interkultureller Wechselwirkung für den wissenschaftlichen Fortschritt. ADW der DDR, Kolloquien Heft 48, S. 205–209.Nationalkomitee für Geschichte und Philosophie der Wissenschaften der DDR. Berlin 1985; Skizzen zu Leben und Werk von Richard von Mises. In: Österreichische Mathematik und Physik, hrsg. von der Zentralbibliothek für Physik in Wien. Wien 1993, S. 50–62.
- 3 Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, Bestand Akademieleitung Personalia/Wahlen. Nichtangenommene Wahl Prof. Dr. Richard von Mises. Nr. 679. Die folgenden Zitate sind dieser Akte entnommen.

Danach beantragten die Akademiemitglieder Georg Hamel (1877–1954), Erhard Schmidt 1876–1959), Helmut Hasse (1898–1979), Hans Kienle (1895–1975) und Hans Ertel (1904–1971) die Wahl Mises' zum Korrespondie-renden Mitglied für das Fach "angewandte Mathematik". Dieser Wahlvorschlag wurde auf einer außerordentlichen Geschäftssitzung der Akademie am 29. Juni 1950 bestätigt. Akademiepräsident Johannes Stroux richtete daraufhin mit Datum vom 9. Juli ein Schreiben an den nach Jahren der Emigration in Istanbul seit 1939 in Boston lebenden Mises, der sich dort einen neuen Wirkungskreis aufbauen konnte. Von 1920 bis 1933 hatte er als Ordinarius und Direktor des neugegründeten Instituts für angewandte Mathematik an der Berliner Universität gewirkt, die er wegen seiner jüdischen Herkunft im Jahre 1933 verließ. Daher entsprach es wohl nicht nur akademischer Höflichkeit, wenn Stroux schrieb:

"Ich habe die Ehre, Sie von dem Beschluss der Gesamtakademie … in Kenntnis zu setzen, durch den Sie zum korrespondierenden Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin gewählt sind.

Im Namen der Akademie und Ihrer Mitglieder geben wir unserer großen Freude über das neu geknüpfte Band Ausdruck und verbinden damit die Hoffnung, dass eine fruchtbare Zusammenarbeit im Sinne der wissenschaftlichen Ideale der Völker und des Friedens entstehen möge.

Mit vorzüglicher Hochachtung (und handschriftlich) in Verehrung J. Stroux."

In dem dem Wahlvorschlag beigefügten "Gutachten über die wissenschaftlichen Leistungen des Herrn von Mises" aus der Feder von Georg Hamel, bei dem Mises nach Abschluss seines Studiums einige Jahre als Assistent in Brno tätig gewesen war, hatte dieser Worte hoher Wertschätzung für seinen einstigen Schüler und Kollegen gefunden:

"Herr von Mises ist einer der ganz wenigen Angewandten Mathematiker von Weltruf. Er verdankt diesen seinen überaus zahlreichen Arbeiten in einem weitgespannten Bereich der klassischen Mechanik, der Wahrscheinlichkeitsrechnung und anderer Gebiete der Angewandten Mathematik, der groszen Schärfe und Genauigkeit seiner Ausführungen sowie der dauernden Bedeutung einiger seiner Ergebnisse.

⁴ Laut Protokoll wurden 24 Ja-Stimmen und ein weißer Zettel abgegeben. Vgl. Fußnote 3. In Werner Hartkopf: Die Berliner Akademie und ihre Mitglieder und Preisträger 1700–1990, Berlin 1992, S. 244 ist R. Mises für den Zeitraum vom 29. 6. 1950 bis 15. 9. 1950 als Korrespondierendes Mitglied aufgeführt.

182 Hannelore Bernhardt

Er kommt vom Maschinenbau her und begann nach einer Dissertation aus diesem Gebiet mit einer gründlichen Behandlung der Strömung in Wasserturbinen. Die Hydrodynamik verdankt ihm noch manche Ergebnisse und kritische Betrachtungen, z. B. solche zur Grenzschichttheorie von Prandtl. Das angrenzende Gebiet der plastischen Zustände wurde von ihm zu einem klaren Abschluss gebracht.

In allen Gebieten, in denen die Überlegungen aus der Theorie der starren Körper von Bedeutung sind, kommt auch die Mises'sche Motorrechnung zur Geltung. Sie gehört auch zu seinen dauernden Leistungen, die überall genannt wird

Seine Arbeiten auf dem Gebiet der Technischen Mechanik fanden schon frühzeitig darin ihre Anerkennung, dass ihm Felix Klein die Abfassung des betreffenden Artikels in der Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften anvertraute. Dieser Artikel ist nicht nur ein Zeichen groszen Sammelfleiszes, sondern auch ein solches der kritischen und ordnenden Begabung des Verfassers.

Seine Stellung wurde auch dadurch anerkannt, dass er seit ihrer Gründung die führende Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik herausgeben und zu hoher Blüte bringen konnte, bis er infolge der politischen Ereignisse die Redaktion abgeben musste.

Das Gutachten würde einseitig sein, wenn es nicht noch der Leistungen auf dem Gebiet der Wahrscheinlichkeitsrechnung gedenken würde, in der von Mises mit einem wesentlich neuen Gedanken hervortrat. Weitere Leistungen aus der praktischen Mathematik schlossen sich an.

Noch neuerdings gab er mit Herrn v. Kárman zusammen ein Werk über nichtlineare Mechanik heraus, das besonders diejenigen besonders schwierigen Probleme der Mechanik behandelt, die auf nichtlineare Differentialgleichungen führen. Man kann demnach von Herrn von Mises noch weitere wertvolle Leistungen erwarten."

Infolge unvollständiger Adresse erhielt Mises die Nachricht von seiner Zuwahl – wie er selbst schreibt – "mit sehr großer Verspätung", so dass er Stroux erst am 15. September antworten konnte. In diesem bemerkenswerten Brief begründet er seine Ablehnung der Wahl in folgender Weise:

" … Ich danke Ihnen für Ihre Mitteilung und fühle mich durch die Wahl zum auswärtigen Mitglied der Akademie über Verdienst geehrt. Sehr gern würde ich die Wahl in Erinnerung an meine Berliner Lehrtätigkeit annehmen und damit das Band, das mich lange Zeit mit dem deutschen wissenschaftlichen Leben verknüpft hat, wieder anknüpfen.

Leider sind die gegenwärtigen Verhältnisse in Deutschland sowohl wie in diesem Lande derart, dass die Annahme einer solchen Ehrung als eine politische Kundgebung von meiner Seite ausgelegt werden kann. Ich bin mir bewusst, dass eine solche Interpretation unberechtigt ist, aber sie ist tatsächlich in mehreren Zeitungen und vonseiten amerikanischer Behörden geäußert worden. Ich habe es mir Zeit meines Lebens zur Regel gemacht, mich von jeder politischen Tätigkeit fernzuhalten und keiner Vereinigung anzugehören, die irgendwie mit politischen Ideologien befasst ist.

So leid es mir tut, sehe ich mich daher gezwungen, die ehrenvolle Wahl abzulehnen. Ich tue es mit grossem Bedauern und in dem vollen Bewusstsein, dass dies einen großen Verlust für mich bedeutet. Ich bitte Sie, den Mitgliedern der Akademie zur Kenntnis zu bringen, dass meine Hochschätzung für die Akademie unvermindert ist und dass ich nur unter dem Zwang der äusseren Umstände auf die Annahme einer Wahl verzichte, die ich in jeder Hinsicht als eine Auszeichnung empfinde.

In vorzüglicher Hochschätzung Ihr sehr ergebener R. v. Mises."

Wenn dieses Schreiben eines Kommentars bedarf, muss einerseits darauf verwiesen werden, dass Mises in der Tat in politischen Fragen große Zurückhaltung übte und sich jeglicher politischer Tätigkeit enthielt. Z. B. hatte er bei seinem Weggang aus Berlin 1933 ganz in diesem Sinne vorsichtig in einem letzten Brief an die Fakultät geschrieben:

"Ew. Spektabilität

gestatte ich mir hiermit anzuzeigen, dass ich einen Ruf an die Universität Istanbul angenommen und heute dem Herrn Minister den Antrag auf meine Entlassung aus dem preussischen Staatsdienst und sofortige Beurlaubung vorgelegt habe. In diesem Augenblick ist es mir ein Bedürfnis, der Fakultät, deren Mitglied ich 27 Semester hindurch sein durfte, meinen tiefempfundenen Dank auszusprechen für alles das, was der einzelne der Zugehörigkeit zu einer solchen Körperschaft zu verdanken hat. Ich schliesse daran den aufrichtigen Wunsch, dass der Fakultät eine Zukunft beschieden sein möge, die ihrer Vergangenheit würdig ist. ..."⁵

Zum anderen vergegenwärtige man sich die Zeitumstände, in der jener Antwortbrief verfasst wurde. Es waren die Jahre des kalten Krieges und der McCarthy-Ära, in denen die antikommunistische Hysterie zur Zeit des Koreakrieges einen Höhepunkt erreichte, Universitätsprofessoren ein antikommunistischer Loyalitätseid abgefordert wurde und im "freiesten Land der Welt"

⁵ Archiv der Humboldt-Universität zu Berlin, Akte Nr. 1478, Bl 95.

184 Hannelore Bernhardt

die Verfolgung von Kommunisten einsetzte. Repressalien richteten sich bekanntlich gegen alle Personen, die man in irgendeiner Weise fortschrittlichen Gedankengutes verdächtigte, allen voran gegen fortschrittliche amerikanische Wissenschaftler und Künstler und gegen Emigranten, die in den USA lebten. (Einstein sprach damals von "neuzeitlichen Inquisitionsmethoden".) Vor dem Hintergrund dieses Gesinnungsterrors sah sich v. Mises ebenso wie v. Neumann nicht in der Lage, die angetragene Wahl zum Korrespondierenden Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften anzunehmen.

John von Neumann, damals am Institute for Advanced Study in Princton tätig, antwortete am 19. September 1950 – also vier Tage nach von Mises – Akademiepräsident Stroux in ähnlichem Sinne wie v. Mises auf die Mitteilung seiner Zuwahl:

"Ich möchte Sie versichern, dass ich diese Ehrung und diesen Ausdruck des Vertrauens und der Wertschätzung der Mitglieder der Akademie, und auch besonders der Kollegen von der Universität Berlin an der ich die ersten, entscheidenden Jahre meiner akademischen Laufbahn verbrachte, mit den aufrichtigsten Gefühlen der Freude und Hochschätzung empfange.

Leider ist aber der gegenwärtige Zustand der Welt derart, dass meine Annahme dieser Auszeichnung ein politischer Akt wäre, der auch andere Deutungen veranlassen würde, als die gegenseitige Wertschätzung von Kollegen. Er würde insbesondere meine Stellungnahme für Dinge andeuten, die ich ablehne. Ich will auf diese hier nicht weiter eingehen, aber ich möchte Sie versichern, dass ich eine sehr ernste Gewissensfrage auf die mir einzig richtig scheinende Weise entschieden habe, wenn ich Sie bitte, mich jetzt nicht unter die Korrespondierenden Mitglieder der Akademie aufnehmen zu wollen."

Der damals in Landshut (Bayern) lebende Georg Hamel erklärte seinerseits mit Brief vom 11. März 1954 seinen Austritt aus der Akademie, zu dem er sich durch einen Passus eines Schreibens des Präsidenten Walther Friedrich an den Präsidenten der Französischen Akademie der Wissenschaften zu Paris vom 21. Dezember 1953 veranlasst sah.⁷

Dort hatte es geheißen: "Mit Beunruhigung wendet sich in diesen Tagen das französische Volk gegen die Bedrohung seiner Sicherheit, die sich aus dem Wiederaufleben des Militarismus in Westdeutschland ergibt, und denkt mit Sorge an die für unsere beiden Völker früher so unheilvollen Folgen einer

⁶ Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, Bestand Personalia/ Wahlen. Nichtangenommene Wahl Prof. J. von Neumann. Nr. 679.

⁷ Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Bestand Akademieleitung, Personalia III. Ordentliche Mitglieder, Hamel. Georg, 1946–1952; 1954. Nr. 145.

solchen Entwicklung. In diesem Augenblick ist es mir daher ein Bedürfnis, den Wissenschaftlern Frankreichs im Namen der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin die Versicherung freundschaftlicher Verbundenheit zu übermitteln und zu erklären, dass wir deutschen Wissenschaftler mit dem französischen Volke in seinen ernsten Bemühungen um einen dauerhaften Frieden übereinstimmen."⁸

Georg Hamel schloss sein Schreiben mit den Worten:

"Ich lehne ihn (d. h. den zitierten Abschnitt – Bdt) auf das schärfste ab und kann nicht länger einer Körperschaft angehören, deren Präsident etwas derartiges schreibt."

Die Akademie bestätigte Hamels Schreiben am 23. 3. und erklärte das Arbeitsverhältnis mit ihm zum 31. März 1954 für beendet.

Es war einer von 21 politisch motivierten Austritten im Zeitraum von 1949–1981 aus der DAW bzw. aus der ADW der DDR.⁹

⁸ Wissenschaftliche Annalen zur Verbreitung neuer Forschungsergebnisse, hrsg. von der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 3 (1954), Heft 2, S. 125.

⁹ Vgl. Fußnote 1, S. 157.

Heinz Kautzleben

Laudatio auf Helmut Moritz anläßlich seines 70. Geburtstages

vorgetragen in der Sitzung der Klasse Naturwissenschaften am 20.11.2003

Am 1. November 2003 hat unser Mitglied Helmut Moritz sein 70. Lebensjahr vollendet. Er ist Mitglied unserer Gelehrtengesellschaft seit fast zwei Jahrzehnten: 1984 wurde er vom Plenum zum Auswärtigen Mitglied der Akademie der Wissenschaften der DDR gewählt.

Helmut Moritz ist eine der herausragenden Persönlichkeiten, die unserer Sozietät angehören und die sich jederzeit und überall zu ihr bekennen. Er ist Mitglied von 15 Akademien der Wissenschaften und wissenschaftlichen Gesellschaften sowie dreifacher Ehrendoktor.

Auf der Website der Leibniz-Sozietät im Internet finden Sie eine Darstellung seines wissenschaftlichen Werdeganges, der von ihm erreichten Positionen und der ihm verliehenen Auszeichnungen. Ich erlaube mir, in der Laudatio einige Akzente zu setzen aus der Sicht eines Kollegen, der mit dem Jubilar seit über vier Jahrzehnten in Beziehung steht.

Der Hochschullehrer

Helmut Moritz zeigt sich stets eng verbunden mit seiner österreichischen Heimat, insbesondere mit seiner Geburtsstadt Graz, wo er aufgewachsen ist, von 1951 bis 1956 studiert und 1955 seine berufliche Laufbahn begonnen hat und wohin er nach neunjähriger Tätigkeit im Ausland (1962–1964 in Columbus, Ohio/USA, 1964 in Hannover/BRD und 1964-1971 in Westberlin) 1971 zurückgekehrt ist. Nachdem er über drei Jahrzehnte als ordentlicher Professor für Physikalische Geodäsie an der Technischen Universität Graz gewirkt hat, ist er an ihr seit 2002 Professor emeritus.

Helmut Moritz ist ein begnadeter akademischer Lehrer. Er versteht es, die kompliziertesten Fragen in Wort und Schrift gut verständlich und mit Charme vorzustellen und seine Studenten und Leser zu eigenen Forschungen anzuregen. Wer es noch nicht wußte, konnte sich davon bei seinem Vortrag in der Plenarsitzung unserer Sozietät im Mai dieses Jahres überzeugen.

Das internationale Wirken

Helmut Moritz war jedoch niemals nur der Hochschullehrer in Westberlin und Graz. Er war immer in der internationalen Zusammenarbeit aktiv, und zwar in beeindruckender Weise. Ich möchte drei Linien in seinem Wirken hervorheben:

- die wissenschaftliche Zusammenarbeit mit dem Department of Geodetic Sciences der Ohio State University. Sie begann 1962 und dauerte bis 1990. Seit 1964 hat er in jedem Jahr einige Wochen in Columbus verbracht und diese Zeit zur Fertigstellung und Niederschrift der Forschungsergebnisse des ganzen Jahres genutzt. Wer verfolgen will, wie sich seine Forschungsinteressen entwickelt haben, sollte die Reports des Departments lesen.
- das Wirken als Officer in der IAG (der Internationalen Assoziation für Geodäsie), in der IUGG (der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik) und im ICSU (dem Internationalen Rat der wissenschaftlichen Unionen). Helmut Moritz hat von 1967 bis 1996 auf allen Ebenen gedient: in der IAG als Präsident von Studiengruppen, einer Sektion und der Assoziation; in der IUGG als Mitglied des Exekutivkomitees und des Büros und als Präsident der Union; im ICSU als Mitglied des Exekutivkomitees. Er hat dabei umfangreiche Erfahrungen gesammelt, bewies großes diplomatisches Geschick und war ein guter Organisator. Ich selbst habe ihn in dieser Weise in der IAG von 1975 bis 1990 erleben können.
- die Förderung von Wissenschaftlern, die in ihrer Heimat unter schwierigen Bedingungen arbeiten mußten. Hierzu gehört sein Einsatz für uns in den damaligen sozialistischen Ländern, seit einigen Jahren sein Einsatz in den Nachfolgestaaten von Jugoslawien. Er unterhält seit Jahrzehnten enge persönliche Beziehungen besonders zu den Fachkollegen in Moskau, wozu die gemeinsamen wissenschaftlichen Interessen sehr beitragen.

Besonders würdigen möchte ich die Haltung von Helmut Moritz zu uns in der DDR.

Als Professor für Physikalische Geodäsie an der Technischen Universität in Westberlin war er von 1965 bis 1967 Präsident der (West-)Deutschen Geodätischen Kommission. Dabei lernte er Horst Peschel kennen, den langjährigen Präsidenten des Nationalkomitees für Geodäsie und Geophysik der DDR und damaligen Direktor des Geodätischen Instituts Potsdam. Helmut Moritz äußert sich heute noch dankbar dafür, daß Horst Peschel ihn einlud, aus der damaligen Exklave des Westens Westberlin nach Potsdam zu wissenschaftlichen Vor-

188 Heinz Kautzleben

trägen und zum Kennenlernen der geodätischen Forschung in der DDR zu kommen.

Die damals entstandenen Kontakte wurden vor allem dadurch ausgebaut, daß er an allen 6 internationalen Symposien zum Thema "Geodäsie und Physik der Erde" teilnahm, die wir vom ZIPE, dem 1969 gegründeten Zentralinstitut für Physik der Erde, aus ab 1970 bis 1988 regelmäßig in Potsdam und weiteren Orten der DDR durchgeführt haben. Dieses Verhalten begründete mein persönliches, immer kollegiales Verhältnis zu Helmut Moritz. Er hat auch am 7. und letzten Symposium dieser Art 1992 in Potsdam teilgenommen; es war auch noch vom ZIPE vorbereitet worden, das aber Ende 1991 abgewickelt worden war.

Mit der Organisierung dieser Symposien hatten wir es seinerzeit unternommen, den großen Traditionen des Geodätischen Institutes Potsdam gerecht zu werden, indem wir im ZIPE an dessen Aufgaben anknüpften, und zwar in doppelter Hinsicht: einmal an dessen primäre Aufgabe, die internationale geodätische Zusammenarbeit zu fördern, wobei vor allem Johann Jakob Baeyer und Friedrich Robert Helmert (beide waren Mitglied unserer Akademie) zu nennen sind, und zum andern an die von Friedrich Robert Helmert begonnene Förderung der astronomischen und physikalischen Geodäsie (im weitesten Sinne).

Im ZIPE wurden die geophysikalischen Aspekte und Grundlagen der Geodäsie ganz bewußt zur Hauptaufgabe der geodätischen Forschungen gewählt. Das erwies sich als richtig und tragfähig und wurde wenig später auch in allen anderen Ländern und in der internationalen Zusammenarbeit der Geodäten beachtet. Helmut Moritz hatte die Entwicklung auch erkannt und unterstützte diese Richtung in der IAG mit dem ihm eigenen Geschick äußerst wirkungsvoll. In seine Zeit als Präsident der IAG fällt die Neuorientierung der Sektion V mit Umbenennung von Physikalische Interpretation auf Geodynamik

Unser Weg zur Förderung und Nutzung der internationalen geodätischen Zusammenarbeit waren die erwähnten Symposien. Etwa alle drei bis vier Jahre haben wir die Geodäten aus Ost und West zu einer wissenschaftlichen Veranstaltung in der DDR eingeladen. Und sie kamen in großer Zahl. Für die Mehrzahl unserer Mitarbeiter war das die einzige Möglichkeit, am internationalen wissenschaftlichen Leben teilzunehmen, und wir haben darum gekämpft, daß jeder interessierte Wissenschaftler der DDR teilnehmen konnte. Wir selbst konnten dafür sorgen, daß die Geodäten aus den sozialistischen Ländern teilnahmen. Helmut Moritz als führender Officer der IAG hat uns

vorbildlich dabei unterstützt, die Kollegen aus dem Westen zu gewinnen; er hat allen seinen Einfluß genutzt, damit die Symposien als Veranstaltungen der IAG anerkannt wurden. Wir haben ihm sehr viel zu verdanken. Er selbst wird nicht müde, die Bedeutung und den Erfolg dieser Symposien zu betonen. Neben vielem anderen hätte er während der Symposien Wissenschaftler in der DDR kennen gelernt, die er hoch schätzt und die ihm sehr viel bedeuten. Als ersten nennt er dabei unser Mitglied Hans-Jürgen Treder.

Die Forschungsarbeiten

Helmut Moritz hat bisher neben über 200 (zum Teil sehr umfangreichen) wissenschaftlichen Publikationen 6 Bücher geschrieben. Die Titel der Bücher möchte ich nennen; sie geben in einfachster Weise die wissenschaftlichen Arbeitsgebiete des Jubilars wieder:

- Physical Geodesy. 1. Auflage 1967, gemeinsam mit Weikko A. Heiskanen (der ebenfalls Mitglied unserer Akademie war). Es wurde zum Standardwerk und unverändert mehrfach wieder abgedruckt
- Approximation Methods in Geodesy. 1978, gemeinsam mit Hans Sünkel
- Advanced Physical Geodesy. 1. Auflage 1979, 2. Auflage 1989
- Earth Rotation. Theory and Observation. 1987, gemeinsam mit Ivan I.
 Mueller
- Geometry, Relativity, Geodesy. 1993, gemeinsam mit Bernhard Hofmann-Wellenhof
- Science, Mind and the Universe. An Introduction to Natural Philosophy, 1995.

Für die Nicht-Geodäten kann man vereinfacht sagen: Helmut Moritz betreibt mathematische Physik (im Sinne von Karl Friedrich Gauß), und zwar aus der Sicht der Geodäsie und für die Geodäsie. Dabei geht er bis zur Allgemeinen Relativitätstheorie und noch weiter bis zur Philosophie der Naturwissenschaften. Er ist mit seinen Überlegungen offensichtlich noch nicht am Ende, was sein Vortrag auf dem jüngsten Kolloquium unserer Sozietät anläßlich des 75. Geburtstages von Hans-Jürgen Treder zeigt. Warum setzt er so "schwere Geschütze" ein und warum sind so viele Geodäten von seinen Arbeiten fasziniert?

Das Ziel der Geodäsie läßt sich doch so einfach beschreiben: Es soll die geometrische Form der physischen Erdoberfläche als Ganzes und in Teilen bestimmt werden. Die Ausführung wird aber (a) umso schwieriger, je genauer das Ergebnis sein soll. Die Geodäsie ist eine Approximationswissenschaft. Die Geodäsie ist (b) eine messende Disziplin. Die Messungen beziehen sich auf ein geometrisches Objekt. Die Meßergebnisse müssen ma-

190 Heinz Kautzleben

thematisch bearbeitet werden. Vor allem aber (c): Die Erde ist an menschlichen Dimensionen gemessen außerordentlich groß. Die Ausmessung läßt sich schon deshalb nicht allein mit geometrischen Messungen von Längen und Winkeln bewerkstelligen. Zusätzlich muß man (astronomisch) die Rotation der Erde und (gravimetrisch) das Schwerefeld der Erde bestimmen. Alle Messungen müssen miteinander verknüpft werden, widerspruchsfrei und mathematisch exakt. Das ist die Aufgabe der sog. Physikalischen Geodäsie.

Aus der Sicht der mathematischen Physik ist das eine Randwertaufgabe der Potentialtheorie (und zwar des skalaren Potentials, so lange man den Erdkörper als starren Körper approximieren kann). Sie hat die Form einer nichtlinearen Integralgleichung und kann nur durch Iteration – schrittweise Näherung – gelöst werden. Daran haben sich schon die größten Geodäten und Mathematiker versucht. Helmut Moritz gebührt vor allem das Verdienst, in seinen Büchern zur physikalischen Geodäsie diese ganze Problematik klar und systematisch formuliert zu haben, wobei er die Beziehungen zwischen den verschiedenen alten und neuen Lösungsansätzen herausgearbeitet hat. Und zwar entsprechend den letzten Erkenntnissen. Er war immer auf der Höhe der Zeit.

Die zweite große Leistung von Helmut Moritz sehe ich darin, daß er mit der sog. Kollokation den mathematisch-statistischen Formalismus ausgearbeitet hat, mit dem die vielfältigen Meßergebnisse im Untersuchungsgebiet zusammengeführt werden können. Sie sind dort immer lückenhaft, es muß interpoliert und extrapoliert werden.

Daß Helmut Moritz sich mit der allgemeinen Relativitätstheorie beschäftigt und schließlich ein Buch "Geometrie, Relativität, Geodäsie" geschrieben hat, erscheint angesichts seiner tiefschürfenden Interessen an der Mathematik und den Grundlagen seines Fachgebietes, aber ebenso wegen der rasanten Steigerung der Beobachtungsgenauigkeit in der Geodäsie seit den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts nahezu selbstverständlich. Helmut Moritz ist eben stets auf der Höhe der Zeit.

Warum hat Helmut Moritz sich mit der Erdrotation beschäftigt? Das muß man tun, wenn man das Bezugssystem für die geodätischen, astronomischen und gravimetrischen Messungen definieren und realisieren will. Dieses Problem wurde brisant, als die künstlichen Erdsatelliten für die Geodäsie genutzt werden konnten. Und noch mehr, als klar wurde, daß man die Erde als einen nicht gleichmäßig rotierenden Körper, der deformierbar ist und interne Massenverschiebungen hat, modellieren muß. Die Geodäsie verdankt Helmut Moritz eine der gegenwärtig besten mathematisch-physikalischen Darstellun-

gen dieser Problematik, die zugleich gut bei den Messungen genutzt werden kann. Er zeigte sich als ein Meister der Theorie der Beobachtungsverfahren.

In der Geophysik wurde schon vor mehreren Jahrzehnten erkannt, daß man diese sog. Beobachtungstheorie von der sog. Interpretationstheorie unterscheiden muß. Beide haben die Form von mathematisch-physikalischen Theorien. Der Unterschied besteht darin, daß die erste vom anzuwendenden Beobachtungsverfahren ausgeht, die zweite vom interessierenden Phänomen (Untersuchungsobjekt). Ich weiß es nicht genau, glaube aber, daß Helmut Moritz diesen Unterschied spätestens bei seinen Studien zur Erdrotation erkannt hat. Die Rotation der Erde ist ja nicht nur ein Forschungsobjekt der Geodäsie, sondern ebenso interessant für die Astronomie und die Geophysik. Spätestens bei diesen Studien ist er auf die Problematik der sog. inversen Aufgabe gestoßen. Sie ist nur in wenigen Fällen eindeutig lösbar, was bedeutet, daß mit physikalischen Messungen der Wirkungen nur ganz selten eindeutig auf die Ursachen geschlossen werden kann. Selbstverständlich weiß jeder Geowissenschaftler, wie er in diesen Fällen weiter vorzugehen hat. Das ganze Problem ist und bleibt aber eine brennende Frage der Erkenntnistheorie und schließlich der Naturphilosophie.

Helmut Moritz hat sich bereits früh für philosophische Fragen der Naturwissenschaften interessiert. In den siebziger Jahren hat er dazu an der Technischen Universität Graz eine Vorlesung gehalten, nochmals eine zu Beginn der neunziger Jahre. Und schließlich hat er darüber ein Buch geschrieben. Ich habe es bereits erwähnt. Als eine der grundsätzlichen Fragen, die er darin behandelt, nenne ich die Rolle der Mathematik bei der Erkenntnis der Natur. Gerade weil das Buch von einem erfahrenen Forscher und nicht von einem professionellen Philosophen geschrieben ist, hat es mich sehr angesprochen, und ich möchte es unbedingt empfehlen.

Damit möchte ich schließen. Aber nicht, ohne zuvor auch von dieser Stelle aus Helmut Moritz herzlich zu grüßen, ihm zu seinen großartigen Leistungen zu gratulieren und ihm Gesundheit und weiterhin viel Schaffenskraft zu wünschen. Wir danken ihm für seine bisherige aktive Mitarbeit in unserer Gelehrtengesellschaft und erhoffen Gleiches von ihm auch in Zukunft.