
Wissenschaftskolleg
zu Berlin
Jahrbuch 1992/93

WISSENSCHAFTSKOLLEG
- INSTITUTE FOR ADVANCED STUDY -
ZU BERLIN

JAHRBUCH 1992/93

NICOLAISCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG

© 1994 by Nicolaische Verlags-
buchhandlung Beermann GmbH, Berlin
und Wissenschaftskolleg zu Berlin
— Institute for Advanced Study —
Alle Rechte, auch das der fotomechanischen
Wiedergabe, vorbehalten
Redaktion: Katharina Biegger
Umschlag: Jürgen Stockmeier
Satz: Mega-Satz-Service, Berlin
Druck: Druckerei Gerike
Buchbinder: Luderitz & Bauer, Berlin
Printed in Germany 1994
ISBN 3-87584-528-5
ISSN 0724-326 X

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung des Herausgebers
11

Arbeitsberichte

SVETLANA ALPERS
The Making of Art
14

SHAHID AMIN
Popular Remembrance and Historians' History
17

MICHAEL BAXANDALL
Art and Visual Attention
19

BERND A. BERG
Computer Simulations
21

ANDREJ BITOV
MIFACTS
24

ORIOLO BOHIGAS
Chaotic Dynamics, Travelling Salesmen and Lectures for Non-Physicists
26

MICHAEL CAMILLE
Art, Science and Philosophy at the Medieval University
32

BARRY EICHENGREEN
Economic Changes in Western and Eastern Europe
35

JAMES R. GRIESEMER
The Material Basis of Evolutionary Theory
39

ANDREAS GRUSCHKA
Kältestudien
44

PETER HÄBERLE
Verfassungen im Wandel
51

PETER HAMMERSTEIN
Spiel (und) Theorie
56

BETTINA HEINTZ
Die Innenwelt der Mathematik
60

FELIX PHILIPP INGOLD
Literatur, Kunst, Wissenschaft
64

CHRISTIAN JOERGES
Die Legitimität Europas und der deutsche Nationalstaat
67

GIDEON LOUW
Bioenergetics and Eusociality
71

ERNÖ MAROSI
Kann man eine Königstochter von 1373 wiederfinden?
Ein halbes Jahr am Wissenschaftskolleg
75

PETER VON MATT
Seite 674
79

PIER A. MELLO
Statistical Problems in Disordered Systems
82

AXEL MÜLLER-GROELING
Gleichgewichts- und Transporteigenschaften mesoskopischer Systeme
85

GIL G. NOAM
Life History and Transformation
89

HANS G. NUTZINGER
Nachhaltigkeit — mehr als ein Schlagwort?
92

WALERI OGORODNIKOW
Der Goldene Schnitt oder A realibus ad realiora, per realia ad realiora
95

LUISA PASSERINI
A Limited Regression
98

PETER E. QUINT
Constitutional Problems of German Unification
103

KEV SALIKHOV
Chemical Reactions and Spin Dynamics
106

WOLFGANG SCHLUCHTER
Zwischen Aufbau Ost und Handlungstheorie
109

ROBERT SCHULMANN
Before the Call to Olympus: Einstein and Switzerland, 1895-1914
112

THOMAS H. SELIGMAN
Quantenchaos
115

KIRSTI KATARIINA SIMONSUURI
Myth and Literature
119

EÖRS SZATHMARY
Climbing the Steps of Evolution
122

BORIS USPENSKY
Space and Time as Cultural Categories
124

HANS A. WEIDENMÜLLER
Chaos und Unordnung in physikalischen Systemen
127

MARTIN ZIRNBAUER
Leitwertschwankungen in ungeordneten Elektronensystemen
133

HARTMUT ZWAHR
Alltag. Die Jahre 1968 und 1989 in der DDR
135

Seminarberichte

Theoretical Evolutionary Biology
Symposium organized by
RÜDIGER WEHNER
23— 25 February 1993
140

ökologische und soziale Bedingungen des deutschen Einigungsprozesses
Seminar durchgeführt von
HANS G. NUTZINGER
14./15. Mai 1993 in der ehemaligen Akademie der Wissenschaften
143

Aufsätze

HANS A. WEIDENMÜLLER
Komplexe Systeme in der Physik
148

PIER A. MELLO
Universality in the Statistical Description of Physical Systems
163

AXEL MÜLLER-GROELING
Random Scattering of Electrons in Magnetic Fields
171

MARTIN ZIRNBAUER
Renormalization — A Universal Tool of Modern Physics
179

THOMAS H. SELIGMAN
Symmetry in Chaos
204

HANS A. WEIDENMÜLLER
Memorandum zur Arbeit theoretisch-naturwissenschaftlicher Gruppen
am Wissenschaftskolleg zu Berlin
210

Vorbemerkung des Herausgebers

Das Jahrbuch des Wissenschaftskollegs ist Rechenschaft und Chronik zugleich. Es enthält die *Arbeitsberichte* seiner wissenschaftlichen Mitglieder, die Resümees der im Kolleg veranstalteten *Seminare* sowie einige *Aufsätze*, die jahrestypische Forschungsthemen vorstellen.

In jedem Jahr ließen sich, um das produktive Chaos zu beschreiben, das ein Fellow-Jahrgang erzeugt, Goethes Zeilen zitieren:

Ist das Chaos doch, bei'm Himmel!

Wie ein Maskenball zu achten.

Welch ein wunderbar Getümmel!

Allerlei verschiedne Trachten!

Im Akademischen Jahr 1992/93 aber hatte es mit Goethes Ausruf noch eine besondere Bewandnis: Er hätte als Motto einer Arbeitsgruppe dienen können, die sich unter der Leitung von Hans Weidenmüller am Kolleg mit chaotischen und ungeordneten Systemen beschäftigte. Über den innerwissenschaftlichen Ertrag dieser Schwerpunktgruppe informieren die einzelnen Arbeitsberichte sowie die Aufsätze dieses Jahrbuchs.

Wer die Arbeitsberichte aller Fellows liest, wird bemerken, daß die „Chaos-Gruppe“ darüber hinaus die Forscher anderer Disziplinen stimulierte und herausforderte. Wie in jeder Institution, in der die Disziplinen nach Plan und regelmäßig miteinander in Kontakt geraten, ist auch dieser Kontakt im Wissenschaftskolleg in der Regel von einer eigentümlichen Asymmetrie geprägt: In einer die Disziplingrenzen überschreitenden Kommunikation sind die Naturwissenschaftler kontinuierlich zum Sprachwechsel gezwungen. Außerhalb ihrer eigenen Bezugsgruppe treten sie stets als die Popularisatoren ihrer selbst auf. Wenn die Popularisierung mißlingt, führen die Nicht-Naturwissenschaftler dieses Mißlingen auf die *déformation professionnelle* von Experten zurück, statt in der gelingenden Popularisierung auf die Grenzen ihrer eigenen Kompetenz aufmerksam zu werden.

Die Schwerpunktgruppe zur Physik chaotischer und ungeordneter Systeme bot willkommene Gelegenheit, nach unterschiedlichen kognitiven Strategien, nach spezifischen Begründungen für die Problemwahl und nach Kommunikationsstilen zu fragen, die Natur-, Geistes- und Sozialwissenschaften voneinander trennen und zugleich den Versuch, ihre Trennung zu bedenken und denkend zu überwinden, so interessant machen. Darin liegt ein Hauptziel der Arbeit im Wissenschaftskolleg.

Die beiden Seminare, über die Hans Nutzinger und Rüdiger Wehner berichten, zeigen im Rückblick einen deutlich programmatischen Charak-

ter: In der nahen Zukunft wird sich das Kolleg verstärkt an Versuchen beteiligen, in einzelnen Disziplinen zu Richtungsänderungen beizutragen (Ökonomie) oder Synthesen zu befördern (Theoretische Biologie).

Die Arbeitsberichte erinnern den Beteiligten an ein harmonisches und intellektuell zugleich spannendes Jahr. Auch der Außenstehende wird mit Interesse nachvollziehen, wie sich über alle Grenzen hinweg eine Gemeinschaft der Forschenden herausbildet, die voneinander und nicht zuletzt von ihrer urbanen Umgebung und deren Kulturleistungen profitierten. Wie immer haben dabei nicht-geplante, spontan entstandene Seminare und Arbeitsgruppen den Zusammenhalt der Fellows entscheidend befördert. Konzentration und produktive Ablenkungen sind gleichermaßen für das Gelingen eines Akademischen Jahres von Bedeutung.

Überschattet wurde das Jahr durch den Tod Ansgar Rumlers, der in seinen Ferien in den Alpen einem Unfall zum Opfer fiel. Ansgar Rumler war als Assistent Barry Eichengreens ans Wissenschaftskolleg berufen worden, aber durch seine Kompetenz und seine kommunikativen Fähigkeiten wurde er schnell zum Fellow unter Fellows und durch seine sympathiebefördernde Freundlichkeit bei Kollegen und Mitarbeitern beliebt. Zur Erinnerung an ihn haben wir ein Ansgar-Rumler-Stipendium geschaffen, das in Zukunft an junge Wissenschaftler verliehen werden soll, die zur Unterstützung eines Fellows an das Wissenschaftskolleg berufen werden.

Wolf Lepenies

Arbeitsberichte

Svetlana Alpers

The Making of Art



Born 1936 in Cambridge, Massachusetts. Studied History and Literature at Radcliffe College. Ph. D. in Fine Arts, Harvard University, 1965. Professor of the History of Art, University of California at Berkeley. Books: *The Decoration of the Torre de la Parada*, 1971; *The Art of Describing: Dutch Art in the Seventeenth Century*, 1983; *Rembrandt's Enterprise: The Studio and the Market*, 1988. — Address: Department of History of Art, 405 Doe Library, University of California, Berkeley, CA 94720, USA.

I came to the Kolleg with two books under way which I had been working on for some time. And it was with a mixture of expectation but also a certain desperation that I looked forward to completing them. In each case part of the problem was how to keep up, even renew, my interest in work of long-standing which was threatening to go stale. As it happened, slowly at first, thinking and writing fell into place and I find myself in July with two virtually completed book manuscripts — *The Making of Rubens* and, co-authored with Michael Baxandall, *Tiepolo: Three Essays*.

The study of Rubens' practise began almost twenty years ago as an account of his peasant *Kermis* in the manner of Pieter Bruegel. Starting from a circumstantial account of artistic making, I had let myself be led by a series of links from the life and context of one painting, to the after-life created by the taste of viewers and artists that followed in 18th century France and, with these viewings in mind, back to the artist as maker in the sense of his sense of his embodiment in his painting. Of particular interest to me was Rubens' identification in a painting in Munich with Virgil's drunken Silenus pouring out his song as a model for the artist's creativity.

Three very different kinds of circumstance renewed my interest in this work this year. First, the disturbing explosion of nationalist sentiments and actions in Europe turned me back to consider the nature of such allegiances and how they are registered in painting. To call Rubens a Flemish painter seemed, suddenly, too simple. His *Kermis* came to new life when I realized the difficulty the internationalist and Habsburgian painter Rubens had in trying to paint in Flemish. The discovery of a Rubens half-sister who was a member of the royal House of Orange (she turned up in some publications secured for me by the tireless library staff) further docu-

mented the complexity of his situation. Secondly, living and working in Germany, and most particularly in Berlin so near to Friedrich's Sanssouci, made me more acutely aware of the difference between the ways in which the taste for art was institutionalized in France and Germany in the 18th century: the French collectors who broke out in conversation before a Rubens-like Watteau had a different view of painting from travellers lectured to by Winckelmann in Rome. These differences have had a long life. Thirdly, and more mundanely, the publication, just in the middle of the year, of an entire German doctoral dissertation on Rubens' Munich *Silenus* with which I was centrally concerned disrupted me and, as such things do, forced me to focus my own sense of the painting.

The meetings of a group of fellows interested in images, or the visuality group as we came to be called, did not quite succeed in getting off the ground. But the shared sense — between Griesemer, a philosopher of biology, and Camille, a student of medieval illuminated manuscripts, and myself and Baxandall, historians of later European painting — that what interested us was the difference of pictures and how to articulate the nature of that difference in our own areas of interest, was bracing. Even among art historians, the intellectual climate has become such that it is time, one feels, to attend to images as such (and to see just what that may mean) as our primary interest and concern.

The presence of the group of chaos physicists and that of biologists at the Kolleg became relevant in unexpected ways. At the weekly colloquia one had put before one's eyes, and then turned this way and that, the filtered phenomena that the physicists produced to work with and the still unfiltered, perhaps unfilterable? phenomena with which the biologists were grappling. And as an alternative, one listened as legal scholars dealing with contemporary constitutional issues revealed the curious non-man's land of their concerns — neither high principle nor low practice, but a mixture of the two. At a moment when the humanistic disciplines take pride in removing disciplinary barriers and take pleasure in a sometimes wanton fertilization across fields, one was repeatedly reminded of the material specificity of things. The likeness instead lies, it seemed, in the moves made by minds to make sense.

It was this frame of mind, as it turned out, that made it possible to bring my writing on Tiepolo to a conclusion. The project had begun as an address to an instance of the pictorial intelligence at work. The general point which had become over-worked, a bit too much like special pleading, began to come to life. It normalized itself. Perhaps it was the setting of the Kolleg, where listening to others explain themselves and explaining one's work to others was the norm. Given this working space, a co-authorship which had been difficult and even contentious found its common ground.

A humanist among scientists, but also an American in Berlin: there is much, I learned, that is good about being an outsider when one is a welcomed one.

Shahid Amin

Popular Remembrance and Historians' History



Born in 1950 in Deoria, India. Studied History at Delhi University, 1962-72. From 1973-76, Rhodes Scholar at Balliol College Oxford; D. Phil. in History, Oxford (1978). Junior Research Fellow, Trinity College, Oxford (1979-82); Reader in History, (1990-91), Fellow, Shelby Cullom Davis Center, Princeton University, (1991-92). Publications: *Sugarcane and Sugar in Gorakhpur: an Inquiry into Peasant Production for Capitalist Enterprise in Colonial India* (1984); ed., *A Glossary of North Indian Peasant Life* (1989), and several articles in the series titled *Subaltern Studies: Writings on South Asian Society and History*. — Address: Department of History, University of Delhi, Delhi-110007, India.

I came to the Wissenschaftskolleg with the intention of finishing a book and to begin work on another. Before my departure I was able to submit a manuscript called *Chauri Chaura, 1922-1990: Event, Metaphor, Memory* to the press and do a fair amount of research on my second project which deals with popular "fabrications" of Muslim Warrior Saints in north India.

The book studies one dramatic occurrence — the anti-police riot of 4 February 1922 in Chauri Chaura, a small market town of northern India. Here an avowedly Gandhian crowd of peasants burnt down a police station to the cruel cry of "Victory to Mahatma Gandhi"! Gandhi, of course, called his all-India movement of non-cooperation with the British to a halt because of this "crime" committed by wayward followers. Since then Chauri Chaura, a place name, has stood for all manner of untrammelled peasant violence in opposition to disciplined non-violent, anti-colonial movements in India. The riot is crucial to the telling of the story of India's "Struggle to Freedom"; its significance lies in its consequence — i. e., the way Gandhi reacted to it.

In common with much recent work on early modern Europe, I have concentrated on this extra-ordinary event to tell the history of ordinary people as actors. The book investigates the popular face of Gandhian

nationalism, exploring the tensions between the "message" of Gandhi and its popular reception; it analyses the way the event was judged as "crime" in the court room, and it seeks to highlight the manner in which local and familial memory, though impacted by nationalist and judicial accounts, attempts to break free of officially documented narratives. In the process I try to illustrate some of the problems and possibilities of doing "historical fieldwork".

My second project on which I spent considerable time at the Kolleg had to do with the broader issue of the forging and practice of sectarian solidarities — "Communalism" as it is peculiarly called in India. The crucial question here formed was the uneasy relationship that exists between popular remembrance and historians history. I was particularly interested in the ways in which generalised readings of Hindu/Mussalman pasts are fabricated in accounts other than the overtly historical. My special interest was on the popular accounts of Muslim Warrior Saints in India (circa 11-14th century). The idea was to focus on the process by which fictive but persuasive accounts of these *Ghazis* are elaborated in the villages of India, such that these sagas can give rise to syncretic cults, eliciting devotion from Hindus and Muslims alike. This then was a case of remembrance of past conflict cementing social ties in the present!

For both projects I received excellent support from the Wissenschaftskolleg library. I was pleasantly surprised by the wealth of material on colonial India in Berlin and the facility and speed with which the library was able to procure it. There are many memories of my stay at the Kolleg that I shall cherish. The "serious" table-tennis with Axel Müller-Groeling, the cutting humour and the powerful volleyball serve of Robert Schulmann, the infectious enthusiasm of Eörs Szathmáry and the charm of Peter Hammerstein: only at the Wissenschaftskolleg could an "Indian" historian play ball, as it were, with theoretical physicists, mathematical biologists and one of the editors of the Collected Works of Einstein! The food was good, the red wine even better, and the facilities for the "House Fellows" excellent. But better still — and I say this at the risk of sounding a trifling infelicitous — was the Bibliothek across the road.

Michael Baxandall

Art and Visual Attention



Born 1933 in Cardiff, UK. Studied literature at the Universities of Cambridge and Pavia (Italy), and art history at the University of München and the Warburg Institute, University of London. 1973 — 88, Reader, then Professor in the History of the Classical Tradition at the Warburg Institute. Since 1985, Professor of the History of Art, University of California at Berkeley. Books: *Giotto and the Orators* (1971), *Painting and Experience in 15th-Century Italy* (1972), *The Limewood Sculptors of Renaissance Germany* (1980), *Patterns of Intention* (1985). — Address: Department of History, University of California, Berkeley, CA 94720, USA

At the beginning of the year I arrived with the intention of working on three topics. First, my colleague Svetlana Alpers and I wanted to complete a book we had in rough draft on the eighteenth-century painter Tiepolo. Second, developing out of this, I wanted to read and think about the disintegration in the later eighteenth century of the European sense of the moral and social value of pure virtuosity in a craft. Third, I wanted to do heavy reading for a long-term project on visual attention, in which modern and eighteenth-century conceptions are set in contrast; the eighteenth-century reading had mainly been done, but the modern had not. This third project was the most active because it was continuous with a book I had finished in that previous summer on shadows and our perception of shadow — one of the problems of shadows being that we do not usually attend to them, as shadows.

Partly because I was coming from just finishing a book, I intended to spend my year at the Wissenschaftskolleg reading rather than writing; never having had a sabbatical year before, I did not realise how difficult it is to spend a long time in sustained intake, without organising the product in the mind by writing about it. In fact, it turned out I had lost both the skill and the self-confidence to do nothing but autonomous study: I could no longer order new knowledge and my thoughts about it without drafting texts as I went along, and the result was that I wrote more than I had intended during the year. Initially this took the deviant hobby form of resuming occasional work on a novel I have been desultorily writing for some years. That was triggered by political events in the autumn that

happened to have a resonance with the novel's mood. But a computer crash soon signalled that this was not the thing.

Instead, I wrote a rather compacted paper out of the first phase of my new reading on visual attention, a paper called "Fixation and Distraction", which I now realise is the first third of the book on attention that has shaped itself during the year. The paper deals with the implications, for our perception of paintings and other complex things, of a set of quite primitive facts about the earliest stages of vision — the anatomy and motor dispositions of the eye, pre-processing of optical stimulations by retinal cells, the dialectic between purposeful and involuntary fixation, the different competences of central and peripheral vision, and the early integration of successive fixations into a first representation of a scene.

This work was enabled by the resourcefulness of the Kolleg Librarians — the fact that one need hardly say this does not mean one should not say it — and also by the presence of the two scientific groups, the evolutionary biological group and the chaos people. They would not appreciate this, but one of my preoccupations during the year was how far a non-scientist like myself can and, almost more important, cannot have access for his own purposes to the product of the scientific discourses in areas that concern him: in my case, the visual cognitive sciences. I learned from the Kolleg scientists about the differences between and within individual sciences — I shall never talk about "science" again — and about where my interests, assumptions and procedures are compatible and incompatible with theirs. I also got more direct input: James Griesemer and Eörs Szathmáry, in particular, gave me ideas and readings that fundamentally changed my thinking about attention and what I could do about it.

The writing about my second project — on the lost sense of the social morality of craft virtuosity — took a different form. Svetlana Alpers and I had agreed not to turn to our Tiepolo book until May, in case it expanded itself again and consumed too much of the year. When we did so, my remaining writing responsibility was to do a conclusion to the book. This turned out as an account of Tiepolo as what the Marxist thinker Antonio Gramsci called an "organic intellectual": that is, someone who articulates the consciousness of a newly hegemonic class. Tiepolo appears as a pictorial intellectual who gives pictorial expression to the consciousness and intellectual procedures of a class we call the "provincial technicians". It is best to admit that the emphasis of this account is, again, coloured by the complicated political atmosphere of the year and by a couple of re-visits to eastern Europe. In any event, some of the second project is now folded into the book on Tiepolo. Rather to our surprise, after years of on-and-off work, this book was finished by mid-July.

Bernd A. Berg

Computer Simulations



Born 1949 in Delmenhorst (Niedersachsen). Study of physics at the Freie Universität Berlin, Dr. rer. nat. (1977). Postdoctoral positions in Berlin and Hamburg (1978-1980). Habilitation 1980 at Hamburg University. Fellow at CERN, Geneva (1980-1982). Assistant Professor at Hamburg University (1983-1985). Research visits at the Niels Bohr Institute (Copenhagen), CEN Saclay (Gif-sur-Yvette), the International Centre for Theoretical Physics (Trieste), the Aspen Center for Physics (Colorado) and the Fermi National Lab (Chicago). Since 1985 Professor of Physics at the Florida State University (tenure 1988). Visiting Professor at Bielefeld University (1990-1991). Fields of research: Quantum Field Theory; since 1981 particularly with numerical methods. Monte Carlo simulations of physical theories and models in particle and statistical physics. Computational physics and science. Development of new algorithms and optimization methods. — Address: Florida State University; Department of Physics, Tallahassee, FL 32306, USA.

Recently the American Physical Society has established a new division "Computational Physics", in addition to its traditional divisions like Astrophysics, Nuclear Physics, Condensed Matter Physics, etc. This step is courageous as Computational Physics is by many colleagues still not accepted as a field in its own right. The traditional physicist finds his primary motivation in (often specialized) physical problems and considers a computational approach as one of many techniques which may lead to solutions. In contrast, the computational physicist specializes in numerical methods and tries to identify suitable physics problems. Often he or she supplements his or her approach then by other techniques. In practice the distinction is normally not as clear-cut as described. However, a substantial difference remains which allows one to clearly distinguish a computational from a traditional physicist. The question arises as to why one should choose to emphasize computational techniques to such an extent.

The development of mathematical calculus from the 18th century on allowed solutions of many physical problems with "unreasonable"

(Wigner) success. Here a typical mathematical solution provides a short cut. For instance in the case of the planetary two body problem, the solution of Newton's equations of motion gives the positions at all times. Instead of analytically solving the equations of motion one could construct it in small consecutive steps. Within the limit of a sufficiently small stepsize one would then obtain the correct result by adding up all the terms. The latter approach is typical for simulations. Until recently, before sufficient computer power had become easily accessible, it was fairly tedious to perform simulations. Still it would be impractical for the example at hand, since the exact solution is readily available. But nowadays the most important problems tend to be those for which exact solutions are either not available or more tedious to handle than a simulation. The ongoing computer revolution of the last decades may be expected to have a similarly relevant impact on science as the development of calculus in the past.

Simulational methods are very broad. I came to the Wissenschaftskolleg with the intention of looking out for applications outside physics, such as in economics, biology and social sciences. Basically there are two distinct types of simulation:

- (a) deterministic simulations (as in our example)
- (b) simulations based on randomness.

Deterministic simulations played a major role for modern developments in classical chaos theory. Examples, like a simulation of the Sinai billiard, were provided in various seminars of Hans Weidenmüller's "Chaos Group". Although partially overlapping, my own work did center more around simulations of type (b). Intrinsically based on chance, they go under the popular name "Monte Carlo Simulations". Results are obtained by statistical analysis of computer generated data. A particularly straightforward application is to simulate real statistical investigations, taking the needed probabilities from the empirical sample. In this way confidence limits of the empirical investigation can be "bootstrapped". Typically this is far simpler and more direct than applying standard statistical methods. At the Wissenschaftskolleg I had numerous discussions with Gideon Louw concerning the application of this method to biological field investigations and a joint paper might result. Another case I discussed with a few colleagues was motivated by the *Spiegel* rating of German universities, based on a poll from 10 637 students. The computational power of a Sun workstation at the Wissenschaftskolleg easily allows one to bootstrap the confidence levels of an investigation of this size.

For solving more complicated problems, the art within the Monte Carlo approach is to find suitable (best optimal) probabilistic weight factors to generate events. In statistical physics Monte Carlo simulations only became efficient after Metropolis et al. succeeded 1953 in incorporating

the Boltzmann weight in a feasible manner. From there on simulations of the so called "Canonical Ensemble" enjoyed steadily increasing popularity. Metropolis et al. performed their simulation on the Los Alamos "MANIAC". This was the supercomputer of their time. I re-programmed their application on the fastest Wissenschaftskolleg Sun workstation, and found that it runs by about $10^4 = 10000$ times faster than MANIAC. This explains why the method of Monte Carlo simulation is nowadays well practicable at non-specialized institutes. Present-day supercomputers run up to another factor 10^4 faster. Over forty years an acceleration by one order of magnitude (i. e., a factor of ten) was achieved approximately every five years. This ongoing rapid change constitutes the basis of the computer revolution.

In recent years I worked with various collaborators on generalizing the Metropolis approach. This led to a method known as "Multicanonical Monte Carlo Simulations". At the Wissenschaftskolleg work along this line was continued, resulting in five publications in respected peer-reviewed journals. The underlying Monte Carlo investigations and collaborations with internationally scattered colleagues were only feasible due to the good electronic facilities provided by Hans-Georg Lindenberg's EDV group.

To emphasize one paper, multicanonical simulation concepts inspired a general purpose "random-cost" optimization method which I published in *Nature*. Scientifically this is presumably the most interesting part of my work done at the Wissenschaftskolleg. Subsequently I began to test the method on the famous travelling salesman problem, which is to find the shortest closed path connecting N cities (N large). The generated data also attracted the interest of members of the chaos group, and various aspects are now being analyzed in collaboration with Oriol Bohigas and Thomas Seligman. This and other work, inspired here at the Wissenschaftskolleg, will certainly last well into the coming year.

Andrej Bitov

MIFACTS



Andrej Bitov was born 1937 in Leningrad, Russia. In 1962 he graduated as an engineer from the Leningrad Mining Institute, in 1967 as a scriptwriter from the Moscow High Cinema Courses. In 1973 —1974 he completed his doctoral thesis at the World Literature Institute of the USSR Academy of Science on the theory of literature — the dissertation "Psychology of the Genre" was submitted to the jury, the author, however, did not appear to take his oral examinations. Since 1958 he has been writing fiction and had published eight books by 1977. The publication of his novel *Pushkin House* in the USA in 1978 and his collaboration in the independent journal *Metropol* in 1979 led to a ban on any of his publications in the USSR until 1986. Major works: *The Big Balloon* (1963) and *The Apothecary Island* (1968; both collections of short stories); the novels *The Recruit* (1965), *Monachov in Departure* (1990), *The Pushkin House* (1989), *The Teacher of Symmetry* (1987), *The Monkey Link* (1993); *The Book of Travels* (essays, 1986), *Essays from the Novel* (1986), *We Woke up in an Unknown Country* (1991), *The Counting of the Hare* (1992). Bitov's books have been translated into many languages and been awarded several international prizes. He is President of the Russian PEN-Centre. — Address: Russian Pen Centre, Neglinnaya 18/1, Moscow.

When I came to Berlin my passionate intention was to finish my next novel "Oglaschonnye" and I managed to fulfill that task during the first half of my stay. It will be published in April next year in three languages simultaneously: in German by Rowohlt, in English by Farrar, Straus & Giroux, and in Russian by the Russian PEN Publishers. The original title seems to be untranslatable and may end up as "Zwei Menschen" and "The Monkey Link" respectively. It would be difficult to recount the substance of the novel here as the plot is rather complicated. The book deals with some sort of endless discussion on the matter of the identity of human beings from the point of view of different animals, the Creator, and of a human being — the "Russian Faust", so to say — on the historical and geographical phone

of the last years of our Empire. The last section which I wrote here in Berlin describes the life of a dissident writer in real time 1984 with an epilogue set against the backdrop of the coup d'Etat of 1991. But, to tell you the truth, the novel is not political at all.

I am especially grateful to the Wissenschaftskolleg and Dr. R. Meyer-Kalkus for the idea and organization (later on in cooperation with the institution "Literarisches Colloquium") of a special seminar called "Nabokov's Triangle" on the problems of translation. For that purpose my two translators Rosemarie Tietze (Munich) and Susan Brownsberger (Boston) were invited to come to Berlin. Together we discussed all questions connected with our work on the German and English version of my novel. On the 14th July 1993, we had a public talk on the subject in the "Literarisches Colloquium Berlin".

Another project during my stay at the Wissenschaftskolleg was to extend my work on the program "Freedom to Pushkin" (in collaboration with the Georgian artist Rezo Gabriadze). My colloquium on the 1st of June 1993, which I called "Experience in Mythology and Mythological Act" dealt partly with this work. I tried to describe the phenomenon of MI FACT (which is a term of my own and can be translated from Russian as something between "myth-act" and "myth-fact") — as part of EXISTANT using Pushkins style of existence as an example. It has nothing to do with the so-called SIMULACRUM or AVANT-GARDE actions. The idea was to create a context of life and work, of fate and behaviour, of writing and biography as a WHOLE, as one entity.

In the context of my work at the Wissenschaftskolleg I wrote several essays: "Reality of Paradise (A Berlin Installation)", "A Brief Astrology of Russian Literature", "Three Plus One" (on the 150th anniversary of the *Three Musketeers* and the Russian tradition of the Literary Protagonist), "Translation as Original", "Intellectual Primitive as a Major Literary Genre". Together with three others, which I started here, the above mentioned titles will form the next book (a surprise outcome even to the author) with the working title "Eine kleine Arithmetics of Russian Literature".

O, Wissen! o, schafths! o, kolleg!

O, fellows ...

Oriol Bohigas

Chaotic Dynamics, Travelling Salesmen and Lectures for Non-Physicists



Born in Barcelona in 1937. Undergraduate studies in physics until 1962 at the University of Barcelona, followed by graduate studies at Orsay (Paris). Since 1964 he has worked at the Institut de Physique Nucléaire, Orsay, France, as a theoretical physicist, Directeur de Recherches at the Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Visiting Professor at the University of Rochester (USA), Lawrence Berkeley Laboratory, Universidad Nacional Autónoma de México, Physical Research Laboratory (Ahmedabad, India), Yukawa Institute (Kyoto, Japan), Universidad Autónoma de Madrid (Spain), MPI für Kernforschung Heidelberg (Germany); Alexander von Humboldt Prize (1992). Fields of research: Structure of atomic nuclei, nuclear spectroscopy, collective motions, giant resonances, statistical properties of nuclei. Present interests: Relationship between classical chaotic dynamics and quantum mechanics, applications of random matrix theories. — Address: Division de Physique Théorique, Institut de Physique Nucléaire, 91406 Orsay Cedex, France.

During my eight-month stay at the Wissenschaftskolleg (December 1992 - July 1993), I was involved in three different spheres of activity: 1) continuation of research already started prior to my arrival at the Kolleg, 2) activity related to the presence at the Kolleg of a small coherent group of theoretical physicists (P. Mello, A. Müller-Groeling, T. Seligman, U. Smilansky, H. Weidenmüller and M. Zirnbauer) sharing common interests, namely quantum chaos and the physics of mesoscopic systems, 3) activity motivated to a large extent by the general structure and atmosphere of the Kolleg.

1) Continuation of current research

I have been working on two topics:

a) Chaotic dynamics and quantum tunnelling

(in collaboration with D. Boosé, R. Egydio and V. Marvulle)¹

It is important to identify physical phenomena in the quantum regime for which the regular or chaotic nature of the underlying classical dynamics is relevant. Tunnelling, a classically forbidden phenomenon, may provide such a case. For this purpose, we have studied the motion of a free particle in a box which bounds elastically from the walls (billiards). The box is a two dimensional flat surface bounded by two non-concentric circles (a non-concentric annular box). This system depends on two real parameters: the radius of the interior disk and the eccentricity. By changing the parameters, several interesting limiting regimes can be obtained: integrable, fully chaotic, mixed dynamics. What makes this system particularly appealing is that it is possible to change the parameters of the model but keep a part of the regular phase space undisturbed. This, in turn, is reflected in the quantum regime by the presence of almost undisturbed quasideoublets in the spectrum. And the exponentially small splittings of these quasideoublets reflect the more or less chaotic nature of the phase space separating the regular tori. We have established the importance of the role of chaotic dynamics in the properties of the splittings. Despite extensive numerical calculations, we can presently give only a qualitative description. A theory of the tunnelling in the presence of chaos remains to be developed. I should mention that these studies have motivated experiments with microwave cavities by A. Richter and collaborators at Darmstadt and CERN. A. Richter (Darmstadt) visited the Kolleg to discuss, among other issues, these experiments with us.

b) Chaotic dynamics and the statistical properties of roots of random polynomials

(in collaboration with E. Bogomolny and P. Leboeuf)²

In the context of semiclassical approximations for multidimensional quantum systems and the manifestations of chaotic behaviour in quantum mechanics, one quite often needs to find the roots of polynomials of high degree whose coefficients are rapidly-varying erratic functions of the

¹ O. Bohigas, D. Boosé, R. Egydio, V. Marvulle, »Quantum tunnelling and chaotic dynamics«, *Nucl. Phys. A* 560 (1993) 197

² E. Bogomolny, O. Bohigas, P. Leboeuf, »Chaotic Dynamics and the Statistical Properties of Random Polynomials«, preprint, submitted for publication

energy. This means that even in a small interval of energy they can be considered as random variables. Though the distribution of the roots of random polynomials have been intensively studied in the past, its relevance with respect to the specific problems which naturally arise in the context of quantum chaotic dynamics (and in other domains of physics as well) have been underestimated. We explore this connection.

It should be remembered that the use of a statistical approach in the description of complex systems is an old idea. In particular, the random matrix theory, originally formulated in the context of nuclear physics, has had great success and impact in the context of quantum chaotic dynamics and disordered systems. Random polynomials may provide a complementary statistical approach to random matrix theories.

More specifically we investigate the distribution of the roots of polynomials of high degree with random coefficients. It is shown that under quite general conditions their roots tend to concentrate near the unit circle in the complex plane. In order to further increase the unitarity, we study in detail the particular case of self-inversive random polynomials and show that for them a finite portion of all roots lies exactly on the unit circle. Correlation functions of these roots are also computed analytically, and compared to random matrix theories. The problem of the ergodicity of chaotic wave-functions is also considered. For that purpose we introduce a family of random polynomials whose roots spread uniformly over the phase space. While these results are consistent with random matrix theory, they provide a new and different insight into the problem of quantum ergodicity. Special attention is devoted to the role of symmetries in the distribution of roots of random polynomials.

A two week invitation to the Kolleg of P. Leboeuf (Orsay) allowed us to make the final adjustments to the manuscript.

2) Activity related to the presence of the physics group at the Kolleg

Besides my participation, as a speaker or as a listener, in our weekly discussion group seminar at the Kolleg, two projects got off the ground during my stay in Berlin.

- a) New evidence of GOE statistics for compound nuclear resonances (in collaboration with M. Lombardi and T. Seligman)³

The nuclear data ensemble was compiled in the past by Haq, Pandey and Bohigas. The statistical fluctuations of level sequences, mainly coming

from compound nuclear resonances, was found to be in excellent agreement with the GOE (Gaussian Orthogonal Ensemble) prediction. In the present work we analyze the nuclear data ensemble according to new, extremely sensitive tests. One concerns level statistics and is based on a theorem by Dyson and Mehta which relates properties of a GOE sequence with properties of eigenvalues of the symplectic ensemble. The other concerns the absence of correlations between energy levels and intensities. When these new very sensitive tests are used, it is found again that random matrix predictions and data are consistent. Though expected, this is a significant result, which improves upon previous ones.

b) Some new aspects of the travelling salesman problem
(in collaboration with B. Berg)

This is a famous problem where again regularity may be expected to emerge out of chaos. The travelling salesman has to visit all his customers, each in a different city, in such a way that the distance (cost) is minimized. The cities are randomly scattered over a finite domain in the plane. The number of possible routings increases exponentially with the number of cities visited, rendering impossible comparison of all the possibilities. However, there are algorithms inspired by statistical mechanics which allow one to efficiently compute itineraries which are close to the optimum solution. We suggest that new statistical approaches may provide insight to characterize the close-to-the-optimum solutions. Specifically, we have considered the probability distribution of the distances between successive cities visited, and the probability distribution that the distances between successive cities visited is the first, second, third ... nearest neighbour city. Both distributions seem to rapidly approach asymptotic distributions in the limit of a large number of customers. We also consider the role of the topology of the domain in the characterization of the solution as well as the increase beyond two of the dimensions of the space.

A two week invitation of R. **Jalabert** (Orsay) to the Kolleg was useful to discuss several problems of mesoscopic systems, in particular the orbital magnetism of small metallic particles in the ballistic regime, motivated by recent measurements by L. Lévy at AT & T. It turns out that using semi-classical methods it is possible to work out expressions for the Landau diamagnetism and the de Haas-van Alphen effect for finite domains.

During my stay at the Kolleg I prepared two guest lectures, one to be held at the Symposium "From Spectroscopy to Chaos" honoring J. B.

³ M. Lombardi, O. Bohigas, T. Seligman, »New evidence of GOE statistics for compound nucleus resonances«, submitted to *Phys. Lett. B*

French, delivered in Rochester in April 1993, and another at the Conference "Perspectives in Nuclear Physics", held in Copenhagen in June 1993. I also hosted a seminar at the Hahn-Meitner Institute in Berlin.

3) Some "genuine" fellow activity

A long-term stay at the Kolleg may offer a rather unique opportunity to open one's own mind, to break down intellectual prejudices, and begin to explore new territories. In this respect, I will briefly comment on some of my individual experiences.

There exists in our day, a school of thought, mainly among theoretical physicists, which aims to bridge, as much as possible, the path between physico-chemical sciences and life sciences. How far have we come since, for instance, the book by E. Schrödinger "*What is life?*" published in 1944? Is the science of complexity and non-linear dynamics usefully permeating some aspects of the life sciences? Should we, senior physicists, encourage young generations to go in the direction of fields like modelling and analysis of networks, brain activity, pattern formation and wave propagation in biological systems, the theory of evolution? In this respect, the presence at the Kolleg of several distinguished biologists was most informative to me, through seminars, private discussions and recommended readings. By now, I probably have a more general, as well as more critical view of this whole fundamental area which appears to me in many respects a fascinating but, also, in many others, as deceptive.

Reciprocally, a stay at the Kolleg also offers the rather unique opportunity of communicating with scholars working in fields other than one's own, enabling one to see beyond one's own motivation, findings, and the significance of one's own work. The rules for that are rather unusual, because you are not allowed to use technical language nor professional jargon. How far one can go in this direction of reflection and vulgarisation is certainly challenging. But one should bear in mind that pedantry, frivolity and dilettantism are the obvious traps to be avoided.

In this direction, I gave two seminars during my stay in Berlin. One at the Einstein-Forum in Potsdam, where a day of interdisciplinary discussions on Chaos was organized, the other at the Kolleg, where I borrowed from Wigner the title of my talk: "The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences". The preparation of these seminars was most challenging to me. As a result, I am presently preparing a set of five or six hour lectures in which I pretend to communicate to non-physicists what is the object of theoretical physics, the interplay between physics and mathematics, the to a large extent non-linear evolution of physical

ideas from a historical perspective. Maybe one day in the near future I will have an occasion to deliver such lectures. I would like to mention the most effective assistance provided by the librarians of the Kolleg in preparing these lectures.

Last but not least, I want to mention how stimulating life in Berlin is. Particularly, as far as I am concerned, the musical life. Do we, scholars at the Wissenschaftskolleg, in our interrogations ever even aspire to the level attained at the Komische Oper by Harry Kupfer („*Ich möchte alle Fragen der Welt in dieser schönen totalen Kunstform, der Oper, durchspielen*“)?

Michael Camille

Art, Science and Philosophy at the Medieval University



I was born in 1958 in Keighley, West Yorkshire (UK) and studied English and Art History at Cambridge (B. A. 1980), receiving my Ph. D. in Art History in 1985. From 1983-85 I was a Research Fellow at Clare Hall, Cambridge. In 1986 I became an Assistant professor at the University of Chicago and became a full Professor in the Department of the History of Art, while at the Wissenschaftskolleg, in May 1993. I have lectured and taught in a number of American and European Universities and was a visiting *Directeur d'Etudes* at the *Ecole des Hautes Etudes*, Paris in 1991. My areas of interest include: medieval art and architecture, especially illuminated manuscripts, the history of the book and theories of visual communication. Publications: *The Gothic Idol: Ideology and Image-making in the Middle Ages* (Cambridge 1989) and *Image on the Edge: The Margins of Medieval Art* (London and Cambridge MA, 1992). - Address: University of Chicago, Department of History of Art, 5540 South Greenwood Avenue, Chicago IL 60637, USA.

Considering the vast amount of time I have spent in Berlin's wondrous museums staring at many thousands of objects, peering at countless paintings and always making the art historians excuse that looking is actually a form of working — I am amazed that I have managed to write anything at all this year, let alone draft two quite hefty books. The first chapter of my major project is entitled "Making Images in the City of Words" and although it purportedly describes the situation in thirteenth-century Paris, I think it might also describe Berlin — except in reverse, for here I was making words on the edge of a city full of images. Berlin is brimming with magnificent monuments and memories of monuments, memorials, gardens and forests and streets containing images of all kinds, from squatter's art and graffiti to the sculpted statue population of Potsdam, all of which now has had an influence on my work over the course of the year.

I came to the Wissenschaftskolleg with plans to embark on a major new research project on the role played by images in the manuscripts used and

read at the medieval university. Due to the unflagging support of the magnificent library staff, I have been able to consult most of the published historical sources and literature for this project. As well as finding fascinating medieval scientific manuscripts in both halves of the Berlin Staatsbibliothek, I also travelled to what is left of the medieval university library at Erfurt, to examine their little-known collection of illuminated manuscripts at first hand. Most of the evidence for my study is provided by nearly seventy thirteenth and fourteenth century illuminated manuscripts of Aristotle's works that were produced at the universities of Paris and Oxford for masters and students in the Faculty of Arts. These reveal an attempt to put across new ideas about language, nature and the cosmos in pictorial terms. Crucial to the Aristotelian revolution of this period, I shall argue, was an increase in the prestige of images as models of knowledge. *Illumination Philosophy: Art and Science at the Medieval University* will comprise three large chapters. The first examines the illustration of the traditional seven liberal arts as they were still taught at Paris in one magnificent manuscript made for the Chancellor of University around 1310 including Aristotelian logic and the newly translated astronomical texts of Ptolemy. The second chapter will deal with the illustration of more controversial new texts of Aristotelian natural science, notably the *Physics* and the so-called *Parva Naturalia*. Finally the third chapter will deal with how Aristotle's *Metaphysics* was put into visual terms by illuminators. I have substantially completed the first chapter of this project and in the Tuesday Colloquium presented a paper on Aristotle's *Physics* which is the major part of the second. Another section of this chapter, on the role played by optics and the sense of sight in medieval epistemology was delivered at the Berlin Academy of Sciences at the invitation of Lorenz Krüger. Thanks to him and to the advice of Michael Baxandall who also presented a paper in the afternoon session of the same event, I was able to first put into words some of the most difficult issues I have been struggling to understand, concerning medieval theories of sensation and intellection and the relationship between medieval visual theories and actual visual practices.

Starting this ambitious study has also benefited from the stimulation of the "Visuality Group" which spontaneously formed and haphazardly met at the Kolleg. Here I also learned a great deal from the historian/philosopher of science, James Griesemer, as well as from my inspirational colleagues in Art History Svetlana Alpers and Michael Baxandall and Ernő Marosi. I never felt during the year in Berlin, as I sometimes do in my great, if logocentric home institution, that my position as someone interested in "images" made me a second-class intellectual citizen. Indeed, the image seemed to be a very powerful instrument in the Kolleg this partic-

ular year, to judge by how often overhead and slide projection facilities were utilized in the Tuesday Colloquia and how many marvellous photographs of our carnivalesque transgressions and summer revels were taken by Fellows and their families and displayed in the entrance hall.

During this year, I have also managed to finish a second shorter book manuscript, *Master of Death: The Life in Art of Pierre Remiet, Illuminator*. I have been gathering material for this project for some years and I had already completed much of the research before I arrived in Berlin. But perhaps it was something about the intensity of this magical ruined and then resurrected city which I came to love, that stimulated me to complete this dark and for me, very personal work. Having the psychological space in which to contemplate the subject of death in depth and being able to balance this morbidity against the life and energy of new friends made in the Kolleg, I was able to experiment with radical new ways of writing Art History. Looking at the life of one minor Parisian illuminator in the late fourteenth century and his obsession with rotting corpses and scenes of sadistic death, this book blurs the lines between narration/fiction and documentary history and returns to the individual as the focus of the history of image-making. Ironically Remiet was not what we think of today as an original artist but spent his whole career copying the work of others, but this makes his corpses and other conventions all the more fascinating. This "little history of death", written as a morbid antidote to those vaster modernist schemes of Ariès and Huizinga, presents the Late Medieval notion of death through more postmodern eyes.

One regret of the year is that I did not persevere more with German. After an intense and fruitful start, when, aided by the ever-resourceful teaching of Eva Hund, I felt I was at last grasping those terrible verbs, other priorities clogged up my schedule. However, I still consider it as one of the most important achievements of my time here that my previous meagre reading knowledge became somewhat more of a living language, allowing me to take in even more of the culture of a city that I know I shall return to again and again and also to feel more integrated into the vibrant and generous life of the remarkable institution.

Barry Eichengreen

Economic Changes in Western and Eastern Europe



M.A. in Economics (1976) and History (1978), M. Phil. (1977) and Ph. D. (1979) in Economics, Yale University. Associate Professor of Economics, Harvard University. Faculty Research Fellow, National Bureau of Economic Research 1981—86. Since 1984 Research Fellow of the Centre for Economic Policy Research, London. Since 1986 Professor of Economics at Berkeley and Research Associate of the National Bureau of Economic Research. Board of Editors, *Journal of International Economics*, *Journal of Economic History*, *Explorations in Economic History*. — Address: Department of Economics, University of California, Berkeley, CA 94729, USA.

I came to the Wissenschaftskolleg with great aspirations, none of which were realized, and numerous projects, none of which were completed. That unanticipated yet fruitful undertakings got in the way is, I suppose, one indication of a successful sabbatical year.

My arrival in Europe came on the heels of the September 1992 crisis in European financial markets, when Italy and the U.K. were forced to abandon the European Monetary System, Spain, Portugal and Ireland to devalue their currencies. Much as doctors study disease as a way of understanding the operation of healthy organisms, economists study crises for the insight they provide into the normal functioning of markets. The events of September induced me to agree to write, for an American journal, a "short" report on the crisis in the European Monetary System and its implications for the Maastricht Treaty and the monetary unification project. That brief report evolved into a 100 page opus, co-authored with Charles Wyplosz of INSEAD (in Fontainebleau, France). Perhaps reflecting the influence of a year spent in Europe, its conclusions are very different from the assumptions with which I began. I believed that the construction of a single European market in commodities, capital and labor was an entirely different matter than monetary unification; one could have the former and its undeniable benefits, I supposed, without also embracing the latter. I ended up concluding that, for political if not eco-

conomic reasons, Europe must have both a single market and a monetary union if it is to have either. In highly integrated markets, exchange rate swings are simply too painful for the impacted firms to bear; currency depreciation abroad will lead them to lobby for protection against foreign firms suddenly able to undersell them in domestic markets. More likely than not they will succeed, in which case the resulting policies will thwart efforts to complete the internal market.

Monetary union, which rules out exchange rate changes, is therefore necessary to make factor- and commodity-market integration economically palatable and politically viable.

The question that remains — and that was pointed out by the September crisis — is how to complete the treacherous transition from the present position to the nirvana of monetary union. My co-author and I offer a controversial suggestion: that a tax on foreign exchange transactions be imposed to discourage speculation, thereby stabilizing European exchange rates until monetary union is achieved. The piece containing this proposal lives in infamy as the paper that sank the peseta. The Governor of the *Banca de Espana* alluded to our proposal in a speech in April. But suggesting doing something along these lines rather than actually doing it proved counterproductive; the next day currency traders sold pesetas in order to beat the possible future imposition of a tax. The peseta collapsed on foreign exchange markets, forcing massive intervention by the *Bundesbank* and the *Banque de France*, followed eventually by another devaluation.

This notoriety earned us an invitation to summarize our proposal in a column in *The Economist Magazine*, subjecting Frau Sanders at the Wissenschaftskolleg's reception to an avalanche of faxes.

An economist cannot spend a year in the heart of Central Europe without thinking about the transformation process in the East. Contact with scholars and policymakers from Eastern Europe and the former Soviet Union prompted me to extend some previous research and to begin new work contrasting post-World War II Western European reconstruction with post-Cold War Eastern European transformation. Much of this research was concerned with the economic consequences of the Marshall Plan. I concluded, as fellows will recall from my colloquium, that a Marshall Plan for Russia, comparable in scale to that of the 1940s, is unlikely to be productive under present circumstances, but that Western aid might be constructively devoted to underwriting a social safety net, to financing privatization, and to sponsoring technical assistance. I wrote a short piece elaborating my work on the Marshall Plan for the *Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung* in Berlin, which specializes in, among other things, economic analysis of Eastern European transformation. A longer paper

examined an offspring of the Marshall Plan, the European Payments Union, and asked whether an EPU-like arrangement would be suitable for rebuilding economic relations among the former Soviet republics. Finally, I wrote a brief report describing the labor market programs set up by the German government to deal with the mass redundancies caused by economic restructuring in the eastern *Bundesländer*. The success or failure of those policies is interesting not just for Germany, since other countries, notably Russia, anticipate redundancies of the same sort and are interested in lessons, positive and negative, from German experience.

This last paper was co-authored with Ansgar Rumler, my research assistant for the year, who died so tragically in a skiing accident this spring. Ansgar was deeply involved in the other projects as well. He understood quickly what I was trying to accomplish, often before I did. It is hard to articulate the importance of his contributions.

The opportunity to get to know Ansgar was one of the best parts of my Wissenschaftskolleg experience. Other fellows will know of his generosity. Instances I recall include his meeting me at Tegel upon my arrival, the television he loaned me in a futile effort to encourage me to learn German, and the Saturdays when we were both in the office — his presence unprompted — when he would get us a pizza to share for lunch. This same generosity, and considerable intellectual gifts, enabled him to have, I believe, a quite remarkable impact on the Wissenschaftskolleg as a whole. Ten or fifteen years younger than even the younger fellows and without their advanced degrees, he had not the slightest trouble interacting as a colleague, over the luncheon table, at the colloquium and in the corridors. He easily held his own intellectually, and his personal warmth enabled him to quickly surmount all barriers of age and professional status.

Ansgar will be missed by all who knew him, and I certainly will not be able to look back on my year at the Wissenschaftskolleg without thinking about his friendship and mourning his loss.

Publications mentioned:

"The Unstable EMS" (with Charles Wyplosz), *Brookings Papers on Economics Activity* (1993.1)

"Saving Europe's Monetary System" (with Charles Wyplosz), *The Economist Magazine* (5 June 1993)

"A Marshall Plan for the East? Options for 1993", *Konjunkturpolitik* (Spring 1993)

"A Payments Mechanism for the Former Soviet Union: Is the EPU a Relevant Precedent?", *Economics Policy* 17 (Fall 1993)

Reconstructing Europe's Trade and Payments. • *The European Monetary System*, Manchester: Manchester University Press (forthcoming, 1993)
"A Precis of German Labor Market Policies" (with Ansgar Rumler),
paper prepared for the Russian Ministry of Labor (January 1993)

James R. Griesemer

The Material Basis of Evolutionary Theory



Born in 1955 in Columbus, Ohio (USA). 1977 A. B. Genetics, Berkeley; 1981 M. S. Biology, Chicago; 1983 Ph. D. Conceptual Foundations of Science, Chicago. From Assistant to Associate Professor at the University of California, Davis, 1983-90. Since 1990, Associate Professor of Philosophy, Director of Program in History and Philosophy of Science, and Member in the Center for Population Biology at Davis. Member also of the Tremont Research Institute and of the Center for History and Philosophy of Science of the California Academy of Sciences, both in San Francisco. — Address: Department of Philosophy, University of California, Davis, CA 95616-8673, USA.

When I came to the Wissenschaftskolleg, I had a clear conception of my project. I would write a book "scaling up" the ideas and argument of a recent long paper analyzing the units of selection controversy in evolutionary theory. That paper put the whole controversy in philosophical focus by describing two strategies for making evolutionary theory more general. These strategies both abstract from organisms and their genes to produce a framework for a hierarchical theory operating at the multiple levels of molecules, cells, organisms, and groups. But they do it in different ways that make different demands on the rest of biological theory as background to evolutionary theory. The book would therefore be about abstraction as an epistemological strategy of representation. It would use information from my studies on visual representations of Weismannism — the biological theory used as a background resource in abstractions of evolutionary theory — to pursue an alternative, unified conceptual framework for evolution and development, one that got the causal logic of evolution right for all levels of organization. I thought that the book would close out the phase of my research concerned with units of selection and formulate some broad philosophical concepts that would take me to a new phase.

This straightforward project and comfortable year in Berlin were not to be. I quickly discovered that the old phase of my research had already

ended with the long paper and refused to be scaled up into the book I planned. I had already moved on without knowing it. My recognition of the shift was made clear by fortunate interactions with two informal groups within the Kolleg: the "visuality group" and the theoretical biology group. Discussions about diagrams with Svetlana Alpers, Michael Baxandall, and Michael Camille sharpened my thinking about visual representation and also opened new avenues of attention to the visual. Their ideas and suggestions led me to a new philosophical perspective that I am now incorporating into a very different book.

Peter Hammerstein and Eörs Szathmáry pushed my understanding of evolutionary biology in new directions that will also be incorporated: a new analysis of the genotype/phenotype relation and a deeper appreciation of origin of life/genetic code arguments in generalizing evolutionary theory. Eörs opened my eyes to many ideas in theoretical biology that I knew were important but which I did not fully understand. The introduction he gave me to the strong tradition of theoretical biology in Hungary promises to strengthen not only my project, but also the ties between us and our two universities. I also want to register the grace notes added to my understanding of history through reading works of my colleague Shahid Amin. In addition to a better ear for the language of history, Shahid taught me that the perspective of subaltern studies works well for understanding the social status hierarchy of the sciences and of science studies. Continuing conversations with these and many other new friends that began in chaotic, chance meetings at the beginning of the year have contributed to the generous intellectual life the Kolleg fosters. Berlin is indeed a cross-roads between east and west for trade in ideas and it will take a long time to sort the treasures I picked up from nearly every encounter, nearly every Tuesday colloquium.

My interest in the units of selection — the problem of defining the things on which the process of natural selection can operate — changed fundamentally when I began to consider the role played by August Weismann's theory of the continuity of the germ-plasm and discontinuity of the soma. Weismannism is fundamental to modern understanding of evolution through its implications for the structure of the causal relations between parent and offspring and between an organism's genetic material and its phenotype. It is the theory of development used to formulate modern evolutionary theory. But by tracing diagrammatic representations of Weismannism I came to see how different the 20th century conception of that doctrine was from Weismann's original formulation in the last decade of the 19th century: Weismannism is a theory of development that only a population geneticist could love. Diagrams held the key to the reconstruction of a historical shift of thinking that I am still trying to assemble. My

work at the Kolleg this year was largely devoted to articulating the causal logic of Weismannism and tracing its consequences through a variety of topics and levels of current biological investigation. Work at the Kolleg has made it clear that my philosophical mistrust of the language with which genome/phenotype relations are described is well-founded and that my turn to diagrams is corrective, but the point was only really brought home to me last week while lunching with Camille and reading Baxandall. Lunch, reading, and conversation: such are the ways and means of the Kolleg.

Initially, my concern with Weismannism was accidental. It was merely the substrate upon which I and my Chicago colleague, William Wimsatt, were exploring a philosophy of diagrammatic representation that might be useful for tracking scientific change. There is a tremendous diversity of diagrammatic forms and techniques included among representations of Weismannism and we wanted to understand these generally. But we did not yet have a rich enough armamentarium to do much with our materials. While our materials accumulated, my attention shifted to the use of the diagrams as a way to reconstruct the causal logic that serves as a background for current theories in the philosophy of the units of selection. But I was also anxious to understand diagrams of all kinds and the visuality group stimulated me to study the history of techniques for producing scientific diagrams, explore methods for analyzing them, and work toward a philosophy of representation for what I call "technologies of description" (influenced by Jack Goody's concept of "technologies of the intellect").

The main argument of the book that is now emerging is that to generalize evolutionary theory, a proper understanding of the relation between evolution and development is needed. This understanding is hindered by the transformation of Weismannism from a doctrine about the material process of hereditary continuity through development to a dogma about the flow of genetic information. My critique of the informational turn is based on an image of the relation between evolutionary science in the 19th and 20th centuries: biologists had the right problems in the 19th century and understood how they fitted together, but not the right technologies for formulating good theories to solve them; in the 20th century we got adequate technologies but lost sight of important perspectives on the significant problems.

In order to correct this trend, I worked toward a general description of reproduction as the basis for interpreting evolutionary theory as a theory of the flow of biological matter, rather than its idealization — flow of genetic information. This approach offers a counterpoint to the currently popular but poorly analyzed concept of replication. This far my current

thinking is in accord with the old conception of the project. But now I want to embed this description in a philosophical analysis of formal concepts of relation, capacity, and process and apply it to distinguish between heredity, heritability, and inheritance. These three concepts are critical to understanding hierarchical models of evolution. The visuality group has emboldened me to explore the logic of these relations in terms of what is, and can be, visually represented in diagrams and to reformulate my earlier critique of the generalization strategies in visual terms.

The critique points up the inadequacy of 2-place relations like genotype/phenotype for such theoretical work. The result is a new conception of that relation and also for the relation between the sciences that rely on it. Genetics is interpreted as a certain kind of special-case developmental biology, the biology of "developmental invariants", and development — through its analysis of gene transmission. Consideration of developmental invariance and symmetries, I argue, leads to a more powerful perspective than that of "laws" of genetics in evolutionary theory.

But consideration of the role of background theories in the relevant 3-place relations is enough to raise serious problems for generalizing evolutionary theory. Lineages — the entities that evolve — are complex, hierarchical, historical structures. This fact led me to an examination of the historical character of evolutionary science and the hierarchical, historical structure of organisms, populations and species. I hope to use the ideas I have been working on all year to shed light on the conceptual problems of formulating hierarchical models of evolution.

In addition to changes in the content of my project, I also evolved a new method of working that has proved quite fruitful: I succeeded in breaking away from the computer and developed the habit of writing down my notes and ideas in yellow notebooks. This banal change of habit allowed me to recover an important visual aspect of my own work, for while it is easy to type and compose words on a computer, it is not so easy (for me) to compose and think diagrammatically with a computer. The notebooks have become an indispensable tool, first in the discovery that my old project was finished, and then in the process of constructing a new one out of the old.

The Kolleg's method of "remote access" to libraries, dubious to my mind when I first arrived, has also played an important role. I learned for the first time what a truly effective library staff can do and also what the difference is between intellectual exploration and self-distraction by browsing. While the library staff kept me isolated from my usual distractions, the computer staff kept me connected to colleagues around the world with whom frequent conversation is essential. My German teacher, Eva Hund, tried valiantly to expand my range of conversational possibilit-

ies. (And, while my ability to read scientific German is still limited, I am more proud of the fact that I can make jokes with Herr Riedel and conversation with Frau Sanders and Frau Sonnenberg.) In the long run, the chance to reflect on and change my intellectual methods and habits will probably prove more valuable than any of the products that resulted from this year's work.

The old project is now fossilized in the paper 1 revised over long months at the Kolleg. "The Informational Gene and the Substantial Body: On the Generalization of Evolutionary Theory by Abstraction" will soon be published in a book edited by Nancy Cartwright. I have spent the last few months reformulating my thoughts in notebooks and files that are being worked up into a new version of a book, as well as in lectures before the Berlin *Forschungsschwerpunkt Wissenschaftsgeschichte und -theorie* (directed by Lorenz Krüger) and a workshop on systematics as a historical science at the *Museo Civico di Storia Naturale di Milano* (organized by Michael Ghiselin)_ (I want to express my thanks also to Leo Buss, who invited me to the Kolleg in the first place.)

I am also happy to report that my family thrived in Berlin. My three year old daughter Ellen found new friends and learned to sing in German at a bilingual *Vorschule*. My one-year old daughter Kate has now lived more of her life in Germany than in the US, learned to walk and began to talk here, and even says "ich bin" to refer to one of our favorite *Kinderbücher*. Their help with my project was all and none. Although raising children is the hardest job anywhere, my wife Connie shouldered most of that burden with humor in a foreign country and without our usual support system. I want to thank her as well as the Wissenschaftskolleg for making a fruitful year possible.

Andreas Gruschka

Kältestudien



Geboren am 21.11.1950, Studium der Erziehungswissenschaften, Psychologie, Philosophie und Soziologie in Münster. M. A. 1975; Dr. phil. 1978 und Habilitation 1983. Professor für Erziehungswissenschaften seit 1991 in Münster. Mitarbeiter und von 1988 an Leiter der Wissenschaftlichen Begleitung des Kollegsversuchs NRW an der Universität Münster. Gründung des Instituts für Pädagogik und Gesellschaft zur Förderung erziehungswissenschaftlichen Nachwuchses und zur Entwicklung einer kritischen Theorie der Pädagogik (1986). U. a. Herausgabe der Zeitschrift *Pädagogische Korrespondenz*. Bücher u. a.: *Ein Schulversuch wird überprüft* (1976), *Wie Schüler Erzieher werden* (1985), *Negative Pädagogik* (1988), *Abschlußbericht zum Schulversuch Kollegschule* (1992). — Adresse: Wissenschaftliche Begleitung Kollegstufe NW, Westfälische Wilhelms-Universität, Georgskommende 25, D-48143 Münster.

In meinem Hauptamt, als Leiter der Wissenschaftlichen Begleitung des Kollegsversuchs im Bundesland Nordrhein-Westfalen, habe ich in vielfacher Form Arbeitsberichte der Universität Münster und dem Kultusminister gegenüber zu erstatten. Über meine Arbeit am Wissenschaftskolleg zu berichten, bedeutet für mich eine große Umstellung, denn es geht um eine gänzlich andere, ungewohnte Art von Arbeit und mehrere neue Erfahrungen: Erstmals konnte ich über einen längeren Zeitraum hinweg ohne Unterbrechungen durch Dienstreisen an einem Buchmanuskript arbeiten. Ich erlebte, wie schön, produktiv und überraschend es sein kann, sich anders als in der für Auftragsarbeiten üblichen instrumentellen, inhaltlichen und zeitlichen Beschränkung in die Literatur zu versenken. Der fabelhafte Bibliothek-Service des Kollegs verführte geradezu zum Vagabundieren in Büchern, die man sonst nie zu Gesicht bekommen hätte. Neu war für mich auch die Erfahrung, was es praktisch bedeutet, die Möglichkeiten diskursiver Verständigung, herrschaftsfreier Diskussion, interessenlosen Interesses auszuloten, während man fast ein Jahr mit Menschen zu tun hat, die am gleichen Ort leben und die, genauso freigestellt von den heimischen Machtkämpfen wie man selbst, als neugierige

Gesprächspartner auftreten können. Ich habe erfahren, wie schwierig und zuweilen schmerzhaft, aber auch wie schön es ist, wenn es gelingt, die eingefleischte Egozentrik und den oft uneingestandenem Autismus zu überwinden und von anderen auch anderes zu lernen als das, worauf man sich absichtsvoll eingestellt hat.

Als Pädagoge erlebte ich das Jahr am Kolleg wie ein klinisches Experiment nicht nur zur Frage, wie arrivierte Wissenschaftler und Künstler (noch) lernen können, sondern auch zu der, wie zu lehren wäre. Mehr als fünfzig Vorträge gaben hierfür den Rahmen ab. Naturwissenschaftler, die von der Pädagogik/Didaktik als Disziplin wohl nicht viel halten, lieferten in perfekten Inszenierungen wahre *performances* ab, während andere Fellows frei improvisierten und damit ihre Zuhörer in die vorgetragene Sache verwickelten. Am aufregendsten war vielleicht die Erfahrung, wie hoch der psychische Aufwand ausfiel, einer großen gemischten Gruppe in der Mehrheit fachfremder „Genies“ in einem Kolloquium substantielle Einblicke in die eigene Arbeit zu ermöglichen. Für mich, der ich es gewohnt bin, Schulklassen zu beobachten, war es aufregend, nun selbst wieder Mitglied einer ganz besonderen Schulklasse zu sein: mit dem Abtasten zu Beginn, den Positionierungsbemühungen und -konflikten und dann der Trauer, als alles plötzlich zu Ende war und die Klasse sich auflöste.

Was haben solche Mitteilungen in einem Arbeitsbericht zu suchen? Sie verweisen auf einen wesentlichen Teil der Beschäftigung während des Jahres, als kollegspezifische Mischung von Inhalts- und Beziehungsaspekten zu vierzig zunächst Fremden. Die Erinnerung an das Wissenschaftskolleg ist für mich mit dem Beginn unerwarteter wissenschaftlicher Beziehungen und darunter einiger Freundschaften verbunden. Auch dafür bin ich dankbar.

Das eigene fachliche Curriculum gliederte sich ansonsten wie folgt: (a) in den Abschluß eines Buchprojektes, (b) in die Abfassung einer Reihe von Aufsätzen, (c) die Gestaltung eines Arbeitskreises: Zukunft der Gesellschaftskritik.

(a) Nach Berlin hatte ich ein 1989 aufgrund von Vereinigungsbeanspruchungen beiseite gelegtes Manuskript mitgenommen, die erste Fassung für ein Buch mit dem Titel: *Die Moral der Erziehung*. Die Erarbeitung einer neuen Fassung konnte ich fast abschließen.

Wenn Pädagogen sich heute gemeinhin über das Verhältnis von Moral und Erziehung äußern, so haben sie entweder im Sinn, für die Erziehung im allgemeinen oder das schulische Curriculum im besonderen konkrete Ansprüche an die Moralerziehung zu formulieren, oder sie behandeln moralphilosophisch inspiriert das Problem, wie man zu einer Ethik der Erziehung kommen kann. Mich haben diese Zugriffe meiner Kollegen immer irritiert, weil ich den Verdacht nie losgeworden bin, daß sie sich mit

ihren präskriptiv oder (meta)theoretisch angelegten Arbeiten vor der Anstrengung drücken, die eine sachhaltig kritische Wissenschaft auf sich nehmen müßte: die empirische Erforschung der Frage, wie produziert das Erziehungssystem welche Form empirischer Sittlichkeit? Wie wenig die Diskussion um die Wirkungen der Pädagogik durch gesichertes Wissen beeinflußt wird, war während meines Kollegjahres an der aufgeregten Debatte im deutschen Blätterwald zu beobachten. In ihr wurde der Verdacht geäußert, die brandschatzenden jungen Männer seien das Ergebnis einer Erziehung, die beeinflußt durch die 68er-Generation darauf verzichtet hätte, den Kindern klare positive Werte zu vermitteln. Die Pädagogik konnte darauf nicht mit gesicherten Wirkungsanalysen antworten, sondern operierte mit Trivialerklärungen oder mit der Bekräftigung ihrer guten Absichten.

Die Pädagogen haben es trotz der sozialwissenschaftlichen Einwanderungen, die sie in den vergangenen Jahren akzeptierten, nicht aufgegeben, sich vor allem mit Postulaten und Erwartungen zu beschäftigen statt mit der Rekonstruktion der systemischen, d. h. durch Regelwerke vereinheitlichten Prozesse und Resultate der Sozialisation. Nach wie vor trennt die Pädagogik mehrheitlich Sozialisation von Erziehung, reserviert sie das erstere für den naturwüchsig gesellschaftlichen und das zweite für den intentional beeinflußten Aspekt der Entwicklung, und durch Erziehung sollen die Effekte der Sozialisation repariert werden. Unaufgeklärt bleibt dagegen weitgehend, wie das Gutgewollte durch die Sozialisationslogik konterkariert wird. Bildungsprozesse junger Menschen werden von der Pädagogik emphatisch, d. h. positiv und in möglichst unverkürzter Weise beschrieben. Daß trotz der Schulbildung solche Prozesse auch darin bestehen könnten, daß sie die Bereitschaft zu Haß und Gewalt, die Fähigkeiten, andere zu übervorteilen und auszugrenzen, sich gegenüber dem Unrecht, das anderen widerfährt, gleichgültig zu verhalten, fördert, ja daß Erfahrungen mit der Schule diese produzieren könnten, darüber liegt ein Tabu. Dagegen oder deswegen frage ich in meinem Buch, welche Erfahrungen mit moralischen Fragen und Problemen Kinder und Jugendliche dadurch machen, daß sie einem bestimmten System der Erziehung unterworfen sind und das heißt auch, daß dieses System moralische Anforderungen stellt und den Kindern in einer Form entgegentritt, die den Anforderungen widerspricht.

Mich hat zum einen anhaltend beschäftigt und irritiert, wie es Pädagogen gelingt, eine Praxis alltäglich zu ertragen und zu reproduzieren, die ihren eigenen normativen Ansprüchen oft diametral widerspricht, und wo sie über Widersprüche täglich stolpern. Zum anderen habe ich mich gefragt, was dieser Sachverhalt als kontinuierliche Erfahrung für die Kinder und Jugendlichen bedeutet. Was lernen sie, wenn sie lernen, mit den

Widersprüchen umzugehen? Meine Vermutung ist, daß die Reproduktion des Falschen in der Pädagogik erst erträglich wird durch bürgerliche Kälte, durch Strategien, sich gleichgültig zu machen und daß dies *à la longue* bei Kindern und Jugendlichen selbst zur Übernahme der Kälte führt.

Seit den vierziger Jahren taucht der Begriff der bürgerlichen Kälte in den Schriften von Horkheimer und Adorno immer wieder auf. Adorno hatte vor, noch ein „moralphilosophisches Werk in die Waagschale zu werfen“, es sollte den Titel „Kälte“ erhalten. Bürgerliche Kälte wurde in der Kritischen Theorie zur allgemeinen Chiffre für die Nötigung des Menschen in unserer Gesellschaft, zum Zwecke ihrer Selbsterhaltung das falsche Leben hinzunehmen, sich mit Kälte unempfindlich gegenüber Unrecht, Fremdbestimmung, Leiden zu machen. Kälte war für die Klassiker der Kritischen Theorie ein sozialpsychologisches Superzeichen, das sie in einer Vielzahl von mikrologischen Beobachtungen zur empirischen Sittlichkeit der Menschen illustrierten. Zugleich signalisierte Kälte für sie so etwas wie die definitive Kompetenzstufe moralischen Urteilens und Empfindens, die jeder erreichen muß, weil davon seine Integration in die Gesellschaft abhängig ist: Die Wahl besteht in der zwischen dem Opfer und dem Täter, dem passiven Hinnehmen oder dem aktiven Operieren mit den Mitteln der Kälte.

In der Pädagogik haben wir es *prima vista* nicht mit Kälte zu tun, sondern vermeintlich mit ihrem Gegenteil: Solidarität, Anteilnahme, Einfühlung, also Wärme. Die Strukturen der (öffentlichen) Erziehung sabotieren aber letztlich entsprechende Anstrengungen der Pädagogen. Die postulierte Moral der Pädagogen soll darüber hinwegtrösten, oft auch darüber hinwegtäuschen, daß sie in ihrer Praxis anders handeln, als es ihre Normen verlangen. Eine Moral aber, die nur den falschen Schein erwecken kann und „kompensatorisch“ wirken soll, wird als Idealisierung falscher Praxis vielleicht zu dem, was die schlechte Praxis allererst am Leben erhält. Die Täuschung über die reale Wirkung der Praxis, die die Moral ermöglicht, wird dialektisch zum Mittel, die Wirkung nicht mehr zur Kenntnis zu nehmen. Die Moral wird damit zum Komplizen der bürgerlichen Kälte, die sie doch negieren will.

Das bislang von mir bevorzugte Medium der Analyse waren kleine „Kältestudien“. Mit ihnen habe ich die Typik pädagogischer Handlungssituationen einzufangen versucht; von Begrüßungsszenen bis zu Abschlußfeiern, wie Kinder zusammengefaßt, informiert und bewertet werden, wie man sie differenziert und integriert, belohnt und sanktioniert etc. Dabei ging es mir immer darum, zunächst den pädagogischen Anspruch herauszupräparieren, der das Handeln der Pädagogen leiten sollte, um diesen dann mit der sozialen Erfahrung bzw. Wirkung zu konfrontieren, die aus der Handlung selbst folgen kann. Schließlich fragte ich

danach, mit welchen Strategien es dem Pädagogen gelingt, sich über den möglichen Widerspruch zwischen seiner Absicht und seiner wahrscheinlichen Wirkung so hinwegzusetzen, daß die schlechte Praxis nicht mehr zu Protest gehen muß, nicht für ihn und nicht für die Betroffenen. Im Kolleg habe ich diese Fallanalysen komplettiert und versucht, sie systematisch im Sinne von Strukturgeneralisierungen zum Verhältnis von bürgerlicher Kälte und Pädagogik auszuwerten. Die Studien werfen zwei weiterführende Fragen auf: Wie läßt sich die Ontogenese der Kälte im Sinne der individuellen Entwicklungsgeschichte bürgerlicher Subjektivität denken, und wie wäre die Geschichte der Pädagogik in der bürgerlichen Gesellschaft vom Gesichtspunkt der Kälte aus neu zu interpretieren? Insbesondere bei der Verfolgung der ersten Frage hoffe ich auf die Fortsetzung der Kooperation, die ich in Berlin mit Gil Noam begründen konnte. Gil Noam bietet mit seinem Bezug zur Kohlbergschen Entwicklungspsychologie gleichsam die Kontrastfolie zu meinem Unternehmen und umgekehrt. Geht es in der Tradition der Kohlberg-Studien um die Frage, wie der Zuwachs an moralischer Urteilsfähigkeit verläuft und gefördert werden kann, thematisiert die bürgerliche Kälte die Schattenseite dieses Prozesses.

Bevor ich mich pädagogischen Problemen zuwende, wird im Buch die Kategorie der bürgerlichen Kälte gesellschaftstheoretisch geklärt. Dazu dienten Studien zur Literatur der Romantik sowie zur Nutzung der Metapher in der sozialphilosophischen Literatur dieses Jahrhunderts (Kälte einmal negativ eingeführt als Metapher für die moralischen Gesteungskosten des Lebens unter Bedingungen der Moderne vs. das Lob der Kälte als moralischer Habitus der Sachlichkeit, der distanziernten aufklärenden Einstellung zu den Dingen). Der Teil wird beschlossen durch kritisch phänomenologische Studien zum sozialen Erfahrungsgehalt, der in den Metaphern Kälte, Wärme und Hitze verschlüsselt und zugleich deutlich gemacht werden kann.

Wichtig ist mir der Hinweis auf ein im Kolleg immer wieder geäußertes Mißverständnis bezüglich der Kategorie der bürgerlichen Kälte. Weder möchte ich behaupten, daß Kälte erst mit dem Sieg der bürgerlichen Klasse und der kapitalistischen Wirtschaftsweise auftritt, noch daß beide moraltheoretisch zureichend mit dem Prinzip der Kälte charakterisiert werden können. Zur Übernahme der Kälte werden die Menschen auch schon früher und in anderen Gesellschaften als der bürgerlichen angehalten, aber in der unsrigen geschieht dies eben in besonderer Weise auf der Basis der universellen Konkurrenz, des Tauschprinzips und der Vereinzelung der bürgerlichen Subjekte. Mit anderen Worten: die Widersprüche dieser Gesellschaft sind an den spezifischen bürgerlichen Normen zu messen. Deswegen kann nicht unterschlagen werden, daß die kalte Sachlich-

keit der bürgerlichen Epoche und die Ausrichtung der Menschen auf das liberal und vertraglich geregelte Partikularinteresse einen Zuwachs an Moralität allererst ermöglichte. Albert O. Hirschman hat mich zurecht wiederholt auf die bürgerlichen Tugenden und damit auf die andere Seite der Medaille hingewiesen (vgl. seine Studien zu „Leidenschaften und Interesse“ Frankfurt 1980).

Im Rahmen der Arbeit am Buch hatte ich mehrfach die Gelegenheit, an dieser Problematik interessierte Kollegen zu kleineren Arbeitskonferenzen ins Kolleg einzuladen. Im Januar fand eine mehrtägige Konferenz mit Gernot Koneffke und Peter Euler (Darmstadt), Rainer Bremer und Michael Tischer (Münster) und Michael Tiedtke und Wolfgang Denecke (Berlin) statt, ihr folgten Arbeitswochenenden mit Christoph Türcke (Leipzig, Lüneburg) und Klaus Mollenhauer (Göttingen) im Juni.

(a und c) Knapp sei im Sinne des Rapports auf zwei meiner in Berlin durchgeführten und von Fellows inspirierten Aufsatzprojekte hingewiesen. In der Kontinuität von Klaus Mollenhauers Thema am Kolleg (86/87), der erziehungswissenschaftlichen Interpretation von Zeugnissen der Malerei, habe ich die Möglichkeit gehabt, mit Michael Baxandall, Svetlana Alpers und später dann mit Michael Parmentier von der Humboldt-Universität meine Lesarten zu den Genre-Bildern Chardins mit pädagogischem Sujet zu diskutieren und zu klären. Anhaltend fasziniert war ich bei der Untersuchung der Chardinschen Bilder, weil mit ihnen in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts bereits ein pädagogisches Wissen (auch ein Wissen um das Unwissen) durch eine projektionslose Beobachtungsfähigkeit der Probleme der Erziehung dokumentiert ist, die nach Chardin die professionellen Pädagogen nur selten erreicht haben, um nicht zu behaupten, sie sei ihnen weitgehend in ihrer Tendenz, Wissen zu fingieren und mit pädagogischen Konstruktionen ihr Unwissen zu verdecken, abhanden gekommen. (Eine der Untersuchungen erscheint voraussichtlich in der *Neuen Sammlung*.)

Der andere Aufsatz resultiert aus einem Arbeitskreis, zu dem ich im Oktober 92 eine Gruppe von Fellows eingeladen hatte: B. Heintz, P. Häberle, H. G. Nutzinger, P. Quint, R. Schulmann, H. Zwahr und später G. Noam. Der Ausgangspunkt dieser Gruppe war ein doppelter: Klären wollten wir zum einen die Frage, wie in den verschiedenen Disziplinen die politische Zeitenwende, die mit dem Untergang des real nie existierenden Sozialismus eingetreten ist, verarbeitet wurde. Zum anderen stellte sich damit die Frage nach der Zukunft der strukturellen Gesellschaftskritik. In der Pädagogik etwa wurde das Ende der DDR zum Anlaß genommen, Erziehungsutopien als vollständig diskreditiert zu behandeln. Die Kritiker der Pädagogik werden dabei gleich mit dazu aufgefordert, die bürgerliche Gesellschaft nicht durch übersteigerte Erwartungen zu überfordern

und sie mit den zu wörtlich genommenen Zielen bürgerlicher Emanzipation zu kritisieren. Die „Widerspruchsrhetorik“ sei mit dem Ende des Sozialismus als Mittel der Kritik zu verabschieden. In anderer Weise stellt sich die Frage für die Geschichtswissenschaft (Warum hat sie den Untergang des Sozialismus nicht vorhersagen können, und welches sind nun noch die Perspektiven der Geschichte?) oder für die Rechtswissenschaft (Taugt und trägt heute noch die Dialektik von Verfassungsanspruch und -wirklichkeit?). Reihum wurde an prototypisch scheinenden Texten aus den beteiligten Disziplinen gefragt, welche Zukunft der kritischen Funktion der Wissenschaft noch eingeräumt wird. Geht sie etwa über von der „Kritik der politischen Ökonomie“ zu der Systemfragen nicht mehr aufwerfenden neuen Wirtschaftsethik? Die Diskussionen regten mich zu einer größeren Arbeit über „Alte Hypertrophie und neue Bescheidenheit in der Pädagogik“ an (erscheint in der *Pädagogischen Korrespondenz* Heft 12).

Peter Häberle

Verfassungen im Wandel



Geboren 1934 in Göppingen, Promotion zum Dr. jur. 1961 in Freiburg/ Breisgau (nach Studium in Tübingen, Bonn, Montpellier und Freiburg). Beide juristischen Staatsprüfungen 1957 bzw. 1964. Habilitation in Freiburg (1969); Rufe nach Mannheim und Marburg (1969), dort 1974/75 Dekan, nach Bochum (1974), nach Augsburg (1976), nach St. Gallen und Bayreuth (1981). Seitdem ständiger Gastprofessor für Rechtsphilosophie in St. Gallen und o. Professor für Öffentliches Recht, Kirchenrecht und Rechtsphilosophie in Bayreuth. Seit 1983 Herausgeber des *Jahrbuchs des öffentlichen Rechts*. 1991 und 1992 Gastprofessor an den Römer Universitäten „Tor Vergata“ und „La Sapienza“ bzw. am Istituto di Studi Sulle Regioni. Seit 1993 Mitglied des wissenschaftlichen Rats des Menschenrechtsinstituts der Universität Carlos III in Madrid; auch korrespondierendes Mitglied der Philadelphia Constitution Foundation (USA); 1991/92 Beteiligung an den Verfassungsberatungen in Polen und Estland. Veröffentlichungen u. a.: *Die Wesensgehaltgarantie des Art. 19 Abs. 2 GG* (1962, 3. Aufl. 1983, 1993 auch auf italienisch); *Verfassung als öffentlicher Prozeß*, 1978; *Kulturverfassungsrecht im Bundesstaat*, 1980; *Verfassungslehre als Kulturwissenschaft*, 1982; *Das Grundgesetz der Literaten*, 1983; *Feiertagsgarantien als kulturelle Identitätselemente des Verfassungsstaates*, 1987; *Das Menschenbild im Verfassungsstaat*, 1988; *Rechtsvergleichung im Kraftfeld des Verfassungsstaates*, 1992. — Adresse: Universität Bayreuth, Universitätsstr. 30, D-95447 Bayreuth.

Das „Berliner Jahr“ war von mir zwar primär unter einem fachspezifischen Aspekt konzipiert worden; ich verband mit ihm aber auch die Hoffnung, unerwartete „Ufer“ und Horizonte zu sehen und gegenüber Neuem flexibel sein zu können. Beides hat sich überaus positiv erfüllt, was nur möglich war, weil einerseits das eigene Arbeitsprogramm am eigenen Schreibtisch grundsätzlich eingehalten wurde, andererseits Raum für die vielen Aktivitäten im Kolleg selbst, vor allem im Kontakt mit den ausländischen Fellows (auch in musischer Hinsicht) blieb. Im einzelnen:

I.

Drei Forschungsschwerpunkte der eigenen Arbeit waren geplant, und sie ließen sich in Gestalt jetzt bereits erschienener oder auf den Weg gebrachter Publikationen verwirklichen:

1. Der Umbruch in Osteuropa seit 1989 stellt gerade an den Verfassungsjuristen besondere Ansprüche. In folgenden Einzelstudien schlug sich dies, in Fortführung älterer Versuche des Verfassers, nieder: Der Beitrag „Perspektiven einer Transformationsforschung“ (Festschrift Mahrenholz, 1994) geht der Frage des Übergangs von der Kommandowirtschaft im totalitären Staat zur sozialen Marktwirtschaft im demokratischen Verfassungsstaat nach. Interdisziplinär soweit wie möglich, jedenfalls aber kulturwissenschaftlich, wird der Gegenstand aufbereitet. Daran schloß sich die zweite größere Arbeit an: „Elemente einer Verfassungstheorie des Marktes“ (ZRP 1993, S. 383-389) — vorgetragen auf der vom Verfasser zusammen mit den Goethe-Instituten von Rom und Mailand in Menaggio im März 1993 betreuten internationalen Tagung. Hier werden die Klassiker daraufhin befragt, wie von ihrem „Menschenbild“, ihren Konzeptionen des „Naturzustandes“ und des „status civilis“ aus das „unbekannte Wesen Markt“ einzuordnen sei. Diese Forschungslinie stand und steht im Zusammenhang mit dem Thema „Verfassungsentwicklungen in Osteuropa — aus der Sicht der Rechtsphilosophie und der Verfassungslehre“, das Gegenstand meines Dienstag-Colloquiums im Oktober 1992 war und jetzt auf Englisch erschienen ist (in: *Law and State* Vol. 46 [1992], S. 64— 90).
2. Verfassungsvergleichendes Bemühen, vor allem im Blick auf Europa konzipierte Arbeiten, bildeten den zweiten Schwerpunkt. Fertiggestellte, z. T. schon publiziert, sind hier die Aufsätze „Der Regionalismus als werdendes Strukturprinzip des Verfassungsstaates und als europarechtspolitische Maxime“ (in: AöR 118 [1993], S. 1-44) sowie „Europäische Rechtskultur“ (Vortrag, der am 7. Juli 1993 an der Humboldt-Universität Berlin gehalten wurde). Einem Gastvortrag an der Universität Perugia (März 1993) galt das Thema „Grundrechte in pluralistischen Gesellschaften“ (in: *Die Verwaltung* 26 [1993], S. 421-447, Übersetzung ins Italienische in Vorbereitung). Die seit 1990 vorangetriebene Aufarbeitung der Verfassunggebung in den neuen ostdeutschen Bundesländern und die fortlaufende Dokumentation ihrer rund 35 Entwürfe und Verfassungen im *Jahrbuch des öffentlichen Rechts* wurde durch einen neuen Beitrag „fortgeschrieben“ (JöR 42 [1994], S. 149 ff.). Einen betont „europäischen“ Akzent setzt die Studie über das Prinzip der „Subsidiarität“, wie sie für eine Tagung in Liechtenstein

(Herbst 1993) erarbeitet wurde. Das für einen Vortrag in Madrid (Juni 1993) geschriebene Manuskript „Das Konzept der Grundrechte“ (*Rechtstheorie* 1993/94) ringt vor allem um die globale menschenrechtliche Seite des Themas.

3. Den dritten Schwerpunkt bildeten Teilthemen einer Verfassungslehre, wie sie der Verfasser fragmentarisch soeben in einem Buch vorgelegt hat (*Rechtsvergleichung im Kraftfeld des Verfassungsstaates*, 1992) und wie sie schrittweise auch in Zukunft fortgeführt werden soll: „Das Staatsgebiet als Problem der Verfassungslehre“ (FS Batliner, 1993, S. 397-421) sowie „Die Freiheit der Kunst in kulturwissenschaftlicher und rechtsvergleichender Sicht (Vortrag vor der Internationalen Juristen-Kommission im Kloster Banz, September 1993). Kleine Gelegenheitsarbeiten, etwa zum Gesetzesbegriff (Schweiz. ZBI. 1993, S. 189 —199), eine Würdigung des Werkes von W. von Simson (EuR 1993, S. 7-18) und etwa 12 Buchbesprechungen aus allen Gebieten des öffentlichen Rechts runden das „interne“ Arbeitsprogramm ab.

II.

Die (auch musischen) Aktivitäten im Kolleg, die vielerlei Gespräche und Begegnungen, drei mehr oder weniger regelmäßige Arbeitsgruppen zum Thema „Europa“, „Pädagogik“ (A. Gruschka) bzw. zum neuen Buch von Habermas (*Faktizität und Geltung*), vor allem aber die von unserem Jahrgang als „streng“ empfundenen Dienstags-Colloquien und das überquellende (aber nur in „bemessenen Dosen“ wahrgenommene) Kulturprogramm in Berlin, haben den Verfasser z. T. in ihm recht unbekanntes Gelände geführt und neue Erfahrungen vermittelt:

1. Das Kolleg führt, sofern man sich ihm innerlich und äußerlich auch wirklich widmet, zu der Erkenntnis, daß das eigene Fach im Kreise aller Disziplinen, auch Künste, denkbar „klein“ wird. Die Spezialisierung, ja Fragmentarisierung der Wissenschaften und Künste ist so weit fortgeschritten, daß man größere Zusammenhänge kaum mehr zu erkennen vermag und fast Verzweiflung darüber ausbricht, „daß wir nichts wissen können“. Im Jahrgang 1992/93 war ein naturwissenschaftlicher Schwerpunkt gesetzt („Chaosforschung“), der das Problem der „zwei Kulturen“ noch dramatischer vor Augen führte. Auch die mitunter hohe Bildung einzelner Fellows konnte nur in wenigen Glücksfällen Brücken schlagen. Es ist kein Zufall, daß die Texte großer Dichter hier „Halt“ gaben, nicht aber die Detailwissenschaftler. Immerhin kristallisierten sich Fragekreise um Europas „Identität“, Methodologisches, auch um die Analogie zwischen Gesetzen der Natur und der menschlichen Ästhetik als Übergreifendes heraus. Mir

selbst wurde die Natur mit jedem (z. B. evolutionsbiologischen) Vortrag immer „wunderbarer“ und rätselhafter, woraus eigentlich nur Goethe-Texte befreien können („Natur und Kunst, sie scheinen sich zu fliehen ...“).

2. Speziell die Rechtswissenschaften können sich im (Haus-)Konzert der anderen Disziplinen nur dann Gehör verschaffen, wenn sie mit hoher Sensibilität für andere Nationen und ihre Kulturen gepaart sind. Hier schafft das Kolleg in Berlin ein einzigartiges Forum für Austausch und Re-Orientierung in den Grundsatzfragen. Das „Atem-holen“, die Anreicherung des Eigenen durch das (vermeintlich) Fremde, das Offensein für das Andere und die Bereitschaft, viel Zeit zu investieren, gerade auch für die ausländischen Fellows, sozusagen die Utopie eines „europäischen Deutschlands“ (T. Mann), gerade nach der so glücklich zufallenen Wiedervereinigung zu suchen — all dies wird durch das Kolleg spezifisch ermöglicht. So manches „Tischgespräch“, z. B. über Kontinuität und Wandel der Vornamen oder über den Unterschied zwischen („sterblicher“) Wissenschaft und („ewiger“) Kunst, die Wissenschaft und Kunst der „Übersetzung“, aber auch über nationale Eigenheiten und ihre Prägekraft für die jeweiligen Bürger und immer wieder über die Vielfalt der Kulturen Europas (spürbar in einem Adventsabend mit dem Vortrag von Gedichten in über 12 Originalsprachen oder in einem Sonett-Kreis), wird den Teilnehmern 1992/93 unvergeßlich bleiben.
3. Gruppendynamische Probleme sollen nicht verschwiegen werden. Zuvörderst: Die Form der Dienstags-Colloquien muß immer wieder überdacht werden. Die Plazierung am späten Nachmittag oder Abend könnte manches „lockerer“ machen. Auch würde sich die Diskussion „unbegrenzt“ forsetzen lassen (im Plenum oder in kleinen Kreisen). Die Beschränkung der Diskussion auf die Zeit von 12 bis 13 Uhr (Gong-Schlag) führt dazu, daß mitunter nur punktuell Fragen angerissen werden oder methodologische „Plänkeleien“ das Ganze aus dem Blick verlieren lassen. Sodann: Die persönliche „Mischung“ des Jahrgangs kann gar nicht überlegt genug erfolgen. Keine Nation und keine Einzelwissenschaft darf quantitativ zu stark vertreten sein. Die Brücke nach Israel, ein großes Ziel des Kollegs, wirkt sich auch in meiner Sicht als Glücksfall aus. Eine gewisse Überraschung war, daß die diesjährige relativ große Zahl der russischen Fellows meine Hoffnung, ein anregendes Bild über das Rußland von heute zu gewinnen, nicht erfüllte. Zu „individuell“ blieben diese Fellows, auf deren kollektive Rückkehr „nach Europa“ sich zu freuen so viel Anlaß bestanden hatte.

Im ganzen: ein von mir in großer Dankbarkeit erlebtes Jahr. Mag dieser unmittelbar in Manuskriptseiten greifbare Ertrag manchmal „unter“ den

Erwartungen liegen: der menschliche Ertrag und vermutlich auch die längerfristige wissenschaftliche Wirkung dürften groß sein.

Peter Hammerstein

Spiel (und) Theorie



Geboren 1949. Studium der Mathematik in Berlin und Bielefeld. Anschließendes Studium der Biologie in Bielefeld mit Betreuung der Promotion an der University of Sussex. Assistententätigkeit in Biologie und mathematischer Wirtschaftsforschung. 1984/85 Gastwissenschaftler an den Fachbereichen für Zoologie und Mathematik der University of Tennessee in Knoxville. 1986 Habilitation im Fach theoretische Biologie. 1990 Umhabilitation für das Fach Zoologie in München. Seit 1986 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Privatdozent am Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, Seewiesen. Arbeitsgebiete: Theoretische Evolutionsbiologie und Verhaltensökologie, biologische und ökonomische Spieltheorie. — Adresse: Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, Abteilung Wickler, D-82319 Seewiesen.

Das Jahr am Wissenschaftskolleg betrachte ich als eine der interessantesten Phasen meiner wissenschaftlichen Tätigkeit. Losgelöst von nahezu allen Routine-Verpflichtungen des Alltags und ständig angeregt durch das intellektuelle „Reizklima“ der multidisziplinären Fellow-Gemeinschaft, entstanden viele ungewöhnliche Gedanken, denen auch mit ungewohnter Ausdauer nachgegangen werden konnte. Nur in einem einzigen Punkt herrschte (freiwillig auferlegte) Knappheit: Das akademische und kulturelle Leben war bereits am Wissenschaftskolleg so reichhaltig, daß nur wenig Spielraum übrig blieb, um das große kulturelle Angebot der Stadt Berlin außerhalb der Wallotstraße 19 hinreichend wahrzunehmen.

Meine Haupttätigkeit in Berlin galt dem Verfassen eines Buches für Oxford University Press, das zwar nicht bis zur allerletzten Seite, wohl aber in den wichtigsten Teilen fertig wurde. Es handelt sich um die Darstellung und konzeptuelle Ausgestaltung eines relativ jungen Forschungszweiges, der sich hinter dem Namen „Evolutionary Game Theory“ verbirgt. Es geht in diesem Forschungszweig um das evolutionsbiologische Verständnis von Konflikt und Kooperation bei Tieren und Pflanzen. Erleichtert wird dieses Verständnis durch theoretische Analysen, die in formaler Hinsicht große Ähnlichkeit zu Methoden der ökonomischen Spieltheorie aufweisen. Diese Ähnlichkeit ist verblüffend, ja sie erscheint

auf den ersten Blick sogar beinahe absurd, denn die klassische ökonomische Spieltheorie befaßt sich zwar ebenfalls mit dem Spannungsfeld von Konflikt und Kooperation, sie tut dies jedoch im Hinblick auf den Menschen und unterstellt ihm idealisierend, er besäße nahezu unlimitierte kognitive Fähigkeiten. Strategische Analysen werden in der klassischen Ökonomie als Gegenstand der Entscheidungstheorie betrachtet und fußen daher auf dem Konzept der rationalen Strategiewahl des Individuums.

Ganz im Gegensatz zu dieser Denkweise wird die Strategiewahl in der evolutionsbiologischen Spieltheorie nicht als eine Angelegenheit des Tieres oder gar der Pflanze betrachtet, sondern statt dessen dem dynamischen Evolutionsprozeß in die Hand gelegt, der über viele Generationen hinweg per Mutation und Selektion die erblichen Komponenten des Verhaltens formt. Versucht man nun, weitgehend dem Denkstil der theoretischen Physik folgend, die stabilen Gleichgewichtszustände von Evolutionsprozessen durch Optimalitätsbedingungen zu charakterisieren, so führt dieses gedankliche Unternehmen zu einem erstaunlichen Ergebnis: Tiere und Pflanzen sollten im evolutionsstabilen Gleichgewicht Eigenschaften besitzen, die auf einen externen Beobachter den Eindruck erwecken müßten, als wären sie in der natürlichen Umwelt durch (nahezu) rationale Entscheidung des Tieres bzw. der Pflanze zustande gekommen. Diese *als-ob*-Rationalität begründet sich also in einer physikalischen Untersuchung mathematischer Evolutionsgleichungen und bildet gleichzeitig den wesentlichen Hintergrund für einen interdisziplinären Brückenschlag ganz anderer Art, nämlich den zwischen Biologie und Ökonomie, d. h. zwischen einer Natur- und einer Geisteswissenschaft. Beide dieser ansonsten nicht sehr wesensverwandten Disziplinen können zu Recht behaupten, durch den hier angesprochenen Brückenschlag Wesentliches voneinander gelernt zu haben — eine Thematik, die im Zentrum meines Buches steht.

Während die gedankliche Verwandtschaft zwischen Evolutionsbiologie und Ökonomie mich schon seit Jahren beschäftigt und ich hierüber ausführlich mit den Ökonomen-Fellows Barry Eichengreen und Hans Nutzinger diskutieren konnte, verdanke es ich es den zahlreichen Gesprächen mit Hans Weidenmüller und seinen Kollegen Oriol Bohigas, Pier Mello, Key Salikhov und Thomas Seligman, daß auch die vielfältigen Verbindungen zur Physik in meinem Buch sehr viel klarer zum Ausdruck kommen. Der Ethnologe Jack Goody vermittelte mir darüber hinaus den Kontakt zur entwicklungspsychologischen Arbeitsgruppe von Paul Baltes am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, die mir auf der Suche nach Arbeiten über eingeschränkte Rationalität des Menschen behilflich war. Die eingeschränkte Rationalität ist von großer Bedeutung für die Begrün-

derung des sogenannten Rationalitäts-Paradoxons, mit dem sich mein Buch eingehend befaßt. Im Vergleich mit den Tieren haben Menschen für sich selbst stets ein „Monopol“ auf Rationalität beansprucht und Tieren diese Fähigkeit abgesprochen. Heute blicken wir in den Humanwissenschaften jedoch auf eine wachsende empirische Literatur, die den menschlichen Anspruch auf Rationalität eher fragwürdig erscheinen läßt.

Bei einer schon vor langer Zeit durchgeführten Befragung von Doktoranden und Professoren an der Harvard Medical School kam zum Beispiel folgendes haarsträubende Resultat zustande. Es ging um ein fiktives Testverfahren, das auf ein Virus immer positiv reagiert, falls eine getestete Person tatsächlich von diesem Virus befallen ist. Es hieß, daß der Test allerdings in fünf Prozent der Fälle fälschlicherweise positiv reagieren würde, wenn gar kein Virenbefall vorläge. In der Bevölkerung sollte je eine von tausend Personen von dem Virus befallen sein. Die Frage lautete: Mit welcher Wahrscheinlichkeit ist eine untersuchte Person von dem Virus befallen, wenn der Test positiv ausfällt? Nahezu die Hälfte der Professoren und Doktoranden gab eine unglaublich falsche Antwort, nämlich, daß diese Wahrscheinlichkeit ungefähr bei 95 Prozent läge. Jeder ökonomische Entscheidungstheoretiker könnte mit Hilfe einer Formel von Bayes sehr schnell nachrechnen, daß die tatsächliche Wahrscheinlichkeit des Virusbefalls bei positivem Testergebnis nur ungefähr 2 Prozent betrüge.

Diese sogenannte „base rate fallacy“ ist eine seit langem bekannte kognitive Täuschung und demonstriert wie viele andere Fakten das menschliche Unvermögen selbst gut ausgebildeter Experten, sich gemäß den Annahmen der ökonomischen Entscheidungstheorie zu verhalten. Die menschliche Rationalität hat sich als eine „Ente“ entpuppt! Um so erstaunlicher ist es, daß gerade die Tiere in ihrem Verhalten viel eher Züge aufweisen, die von der Entscheidungstheorie vorhergesagt worden wären. Darin besteht also das Rationalitätsparadoxon. Nimmt man dieses Paradoxon ernst, so müßten große Teile der ökonomischen Theorie erheblich besser auf Tiere als auf den Menschen anwendbar sein.

Die Idee der Quasi-Rationalität des Tierverhaltens besitzt natürlich auch ihre Grenzen, wenngleich diese erheblich weiter gesteckt zu sein scheinen als bei der stark eingeschränkten menschlichen Rationalität. Diese Grenzen lassen sich zum Teil innerhalb der populationsgenetischen Theorie aufzeigen, die nicht immer zu dem Ergebnis gelangt, daß sich evolutionsstabile Gleichgewichtszustände von Populationen durch das ökonomische Verhalten ihrer Mitglieder charakterisieren lassen. Zweifel sind hier vor allem dann angebracht, wenn das in Frage stehende Verhalten von mehr als einem Gen kodiert wird, wie es sicher der Regelfall ist. Folgerichtig haben Populationsgenetiker mit großem Nachdruck vor einer übertriebenen Vorstellung von Adaptation durch Darwinsche Selektion gewarnt.

Das Unangenehme an der populationsgenetischen Theorie ist jedoch, daß sie in diesem Zusammenhang eigentlich nur sagen kann, „it is a mess“, ohne selbst greifbare Ergebnisse zu liefern. Zusammen mit Reinhard Selten und aufbauend auf Arbeiten von Ilan Eshel habe ich daher die sogenannte *Streetcar theory of evolution* entwickelt, die zeigt, daß sich der Nebel um die stabilen Gleichgewichte der Evolution lichtet, wenn man neue, unorthodoxe Fragen an die klassischen Gleichungen der Populationsgenetik stellt. Dies führt zu verblüffend einfachen Antworten auf eine bedeutende Frage der synthetischen Evolutionslehre: Wie lassen sich die ursprünglichen Darwinschen Vorstellungen von „Anpassung durch natürliche Selektion“ im modernen Denkgebäude der Populationsgenetik verankern? Die *Streetcar theory* zeigt, daß die klassischen, von Ronald Fisher und Sewall Wright entwickelten Denkansätze zu diesem Thema die Ideen Darwins nicht adäquat widerspiegeln. Insbesondere untermauert die *Streetcar theory* die Idee des quasi-rationalen Tierverhaltens.

Mein Aufenthalt am Wissenschaftskolleg war nicht nur durch das soweit beschriebene Buchprojekt und daran angrenzende Einzelarbeiten geprägt. Viele Gedanken galten der Standortbestimmung meiner heutigen und zukünftigen Forschung sowie einer Einschätzung der Bedeutung der Theorie innerhalb der Biologie. Es war sehr hilfreich, von Hans Weidenmüller zu lernen, daß die heute allgemein akzeptierte theoretische Physik in den Zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts mit eben jenen Problemen der Anerkennung zu kämpfen hatte, mit denen die theoretische Biologie gegenwärtig konfrontiert ist. Dies hat mich darin bestärkt, am Wissenschaftskolleg für die Förderung der theoretischen Biologie im deutschen Forschungs- und Lehrbetrieb einzutreten. In langen Diskussionen mit meinem Fellow-Biologen und Freund Eörs Szathmáry entstanden hierzu konkrete Pläne, die auch auf eine enge Kooperation zwischen den Theoretikern in Ungarn und Deutschland hinauslaufen. Die unzähligen wissenschaftlichen Dialoge mit Eörs Szathmáry gehören für mich zu jenen Ereignissen, die das Jahr in Berlin besonders fruchtbar gemacht haben. Ich blicke aber auch mit großer Freude auf die Gespräche mit der Schriftstellerin Kirsti Simonsuuri und auf den persönlichen Schauspiel- und Tanzunterricht der Regisseurin Natalia Seligman zurück. Und beinahe hätte ich das Wichtigste vergessen. Was wäre das Wissenschaftskolleg ohne seine engagierten Mitarbeiter, die mit Kompetenz, Geduld und großem Charme jenem Club exzentrischer Primadonnen tatsächlich den Himmel auf Erden verschafft haben.

Bettina Heintz

Die Innenwelt der Mathematik



Studium der Soziologie und Sozialgeschichte in Zürich. Nach Abschluß des Studiums mehrere Jahre lang Redaktorin am Schweizer Radio. Daneben Lehraufträge an den Universitäten Zürich und Bern. Seit 1988 Assistentin an den Universitäten Zürich, Berlin und Bern. Gegenwärtig Oberassistentin an der Universität Bern. Veröffentlichungen im Bereich Wissenschafts- und Techniksoziologie; Frauenforschung, u. a.: *Listen der Ohnmacht. Zur Sozialgeschichte weiblicher Widerstandsformen* (hrsg. und eingeleitet zus. mit Claudia Honegger), Frankfurt/M.: EVA 1981 (2. Auflage 1983: Syndikat); *Die Herrschaft der Regel. Zur Grundlagengeschichte des Computers*, Frankfurt/M. — New York: Campus 1993; *Kontinuität und Krise. Sozialer Wandel als Lernprozeß*, hrsg. und eingeleitet zus. mit Andreas Ernst u. a., Zürich: Chronos 1993. — Adresse: Institut für Soziologie der Universität Bern, Unitobler, Lerchenweg 36, CH-3000 Bern 9, Schweiz.

Nach Berlin bin ich mit zwei Projekten, vielen Plänen und dem Vorsatz gekommen, nicht von ihnen abzuweichen. Von dem Geplanten habe ich nur wenig verwirklicht, dafür sind im Verlauf des Jahres neue Pläne und Projekte entstanden. Wer einmal am Wissenschaftskolleg gewesen ist, weiß, daß ein solcher Themenwechsel nicht etwa auf Kreativität hinweist, sondern schierer Konformismus ist. Man kann am Wissenschaftskolleg vieles tun (und auch vieles lassen). Die Verpflichtungen sind minim, die Freiheit ist groß. Nur in einem Punkt kennt das Haus kein Pardon: in der Erwartung, daß Unvorgesehenes geschieht, Ungeplantes entsteht. Der wahrhaft professionelle Fellow zeichnet sich folglich dadurch aus, daß es ihm gelingt, das Erwartete als das Spontane erscheinen zu lassen, Konformität als Originalität auszugeben. Aus verschiedenen, soziologisch leicht zu erklärenden Gründen (siehe *curriculum vitae*) war ich darum bemüht, die gesetzten Erwartungen zu erfüllen. Ich begann folgerichtig Material zu den beiden Projekten zu sammeln, die ich als Arbeitsvorhaben angegeben hatte. Das eine Projekt sollte eine wissenschaftshistorische Studie zur Entstehung der Informatik sein, das andere eine Untersuchung zur Genese von Technik am Beispiel der Programmentwicklung. Nach etwa zwei

Monaten begann ich die Akzente etwas anders zu setzen, und gegen Ende des Jahres standen in meinem Zimmer Autobiographien von Mathematikern und Bücher zur Philosophie der Mathematik und verdrängten mit der Zeit die ursprünglich gesammelte Literatur.

In den vergangenen Jahren habe ich mich mit der grundlagentheoretischen Diskussion in der Mathematik und mit den Arbeiten von Alan Turing beschäftigt. In einer Studie, die vor kurzem erschienen ist, versuchte ich aus einer wissenssoziologischen Perspektive zu zeigen, wie sehr die mathematische Vorstellungswelt von David Hilbert und Alan Turing von ihrem sozialen und kulturellen Umfeld beeinflusst war. Untersuchungsgegenstand ist in diesem Fall die (Meta-)Theorie der Mathematik, wie sie im Rahmen der grundlagentheoretischen Diskussion entwickelt wurde. Gegen dieses offizielle (und stark normativ gefärbte) Bild der Mathematik hat sich Imre Lakatos schon sehr früh gewandt. Dem theoretischen Selbstverständnis der Mathematik hielt er ihre Praxis entgegen. Die von Lakatos begründete ‚quasi-empiristische‘ Richtung ist heute zu einer dominanten Position in der Mathematikphilosophie geworden. Darauf weisen jedenfalls eine Reihe von Arbeiten hin, die in den letzten Jahren erschienen sind und in denen nachdrücklich die Forderung aufgestellt wird, von der abstrakten Debatte um die Grundlagen der Mathematik wegzukommen und statt dessen zu untersuchen, was Mathematiker und Mathematikerinnen in ihrer täglichen Arbeit tatsächlich tun. Die Beschäftigung mit der Praxis der Mathematik lenkt die Aufmerksamkeit auf Phänomene, die in der Mathematikphilosophie lange Zeit nicht thematisiert wurden: auf informelle Beweise und die Bedeutung der Kommunikation zwischen den Mathematikern; auf die Rolle der mathematischen Gemeinschaft für die Validierung von Beweisen; auf die Möglichkeit von Irrtum und Widerlegung und damit auf den falliblen Charakter auch der Mathematik.

Mit der Verabschiedung der Idee, daß mathematisches Wissen prinzipiell sicheres Wissen ist, hat sich in der Mathematikphilosophie eine ähnliche Öffnung gegenüber sozialwissenschaftlichen Fragestellungen vollzogen, wie es Jahre zuvor bereits in der Wissenschaftsphilosophie geschehen ist. Die Wissenschaftssoziologie hat auf diese ‚quasi-empiristische‘ Wende in der Mathematikphilosophie allerdings noch kaum reagiert. Wissenschaftssoziologische Arbeiten zur Entwicklung und Validierung mathematischen Wissens sind immer noch an einer Hand abzuzählen. Nachdem ich meine ursprünglichen Vorhaben erwartungsgemäß ad acta gelegt hatte, habe ich damit begonnen, ein Projekt zu diesem Thema auszuarbeiten. Im Mittelpunkt der Studie steht die Frage, wie mathematisches Wissen praktisch entsteht und ob das Bild der Mathematik, so wie es in der grundlagentheoretischen Diskussion gezeichnet wird, mit ihrer Praxis tat-

sächlich übereinstimmt Die Forschungsarbeit zu diesem Projekt werde ich im Sommer 1994 am Max-Planck-Institut für Mathematik in Bonn durchführen. Daß mir dies möglich ist, verdanke ich nicht zuletzt auch dem Wissenschaftskolleg.

Neben der Arbeit an diesem Projekt habe ich einige kleinere Arbeiten geschrieben und einen Projektantrag formuliert (der vom Schweizerischen Nationalfond dankenswerterweise auch bewilligt wurde). Es handelt sich um eine qualitative Studie zu den mikrosozialen Ursachen und Mechanismen der geschlechtsspezifischen Segregation des Arbeitsmarktes. Die Folgen der Wiedervereinigung waren ein häufig diskutiertes Thema im Wissenschaftskolleg. Zur Frage, was die Wiedervereinigung speziell für die Frauen bedeutet, haben Luisa Passerini, Kirsti Simonsuuri und ich eine kleine Vortragsreihe organisiert. Ursprünglich hatte ich vorgesehen, die beiden Forschungsschwerpunkte, die ich bislang unabhängig voneinander verfolgt habe — Wissenschaftssoziologie und Frauenforschung — in diesem Jahr stärker zusammenzuführen. Dies ist mir nicht gelungen, obwohl sich das Wissenschaftskolleg als idealer Ort erwies, um der Frage nach der Beziehung von Geschlecht und Wissenschaft vertiefend nachzugehen. Meine diesbezüglichen Aktivitäten haben sich aus Zeitgründen auf teilnehmende Beobachtung beschränkt.

Selbstverständlich war ich auch Mitglied diverser Arbeitsgruppen, die allerdings die Tendenz hatten, sich im Verlaufe des Jahres zu verflüchtigen. Eine Ausnahme war die außerordentlich stimulierende Gruppe, die auf Anregung eines Mitgliedes des Hauses kurz vor Weihnachten gebildet wurde und der neben mir auch Hans von Klar angehörte. Nie werde ich die intensiven Gespräche in dieser Gruppe vergessen. Wir sprachen über Ed Kennedy und die Enteignungsgesetze in der ehemaligen DDR, über die Funktion des Personalpronomens im Trivialroman, über *virtual reality* und die deutsch-kubanischen Handelsbeziehungen etc. Trotz der Vielfalt der Themen, die wir in unserer Arbeitsgruppe behandelten, hat sich schon früh ein übergreifendes Thema herauskristallisiert. Angesichts der Brisanz des Themas beschlossen wir, das Ergebnis unserer Diskussionen einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Es ist uns trotz der großzügigen Unterstützung des Rektors und den außerordentlich komfortablen Arbeitsbedingungen im Wissenschaftskolleg allerdings nicht gelungen, das Manuskript termingerecht abzuschließen. Es liegt jedoch in einer Rohfassung vor und wird von uns in den nächsten Monaten unter dem (Arbeits-)Titel *Ende des Zitats. Der Kriminalroman in der Postmoderne* in eine druckfertige Form gebracht.

Das Jahr am Wissenschaftskolleg war für mich ein unglaublich reiches und schönes Jahr. Es hat mir Erfahrungen intellektueller und menschlicher Art vermittelt, denen in meinem Leben ohne Zweifel Zäsurcharak-

ter zukommt. Ich möchte dem Wissenschaftskolleg und seinen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen von ganzem Herzen für dieses Jahr danken.

Felix Philipp Ingold

Literatur, Kunst, Wissenschaft



Geboren 1942 in Basel, lebt in Zürich. Studium der Slavistik, Philosophie, Kunstgeschichte in Basel und Paris; Studienaufenthalte in Warschau und Prag; diplomatischer Dienst in Moskau. Dr. phil.; o. Professor für Kultur- und Sozialgeschichte Rußlands an der Universität St. Gallen; Lehrbeauftragter an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich. Jüngste Buchveröffentlichungen: *Ewiges Leben* (Erzählungen, München 1991), *Der Autor am Werk* (Versuche über literarische Kreativität, München 1992), *Fragen nach dem Autor* (Mitherausgeber und Verfasser, Konstanz 1992), *Reimt's auf Leben* (Gedichte, Berlin 1992), *Restnatur* (Späte Gedichte, Münster 1993), *Autorenschft und Management* (Essay, Graz 1993). Zahlreiche Übersetzungen, u. a. von Edmond Jabès, *Das Gedächtnis und die Hand* (Münster 1992), *Verlangen nach einem Beginn* (Stuttgart 1992); von Gennadij Ajgi, *Aus Feldern Rußland* (Frankfurt a. M. 1991), *Gruß dem Gesang* (Berlin 1992), *Und : für Malewitsch* (Zürich 1992), *Veronikas Heft* (Leipzig 1993); von Jan Skácel, *Und nochmals die Liebe* (Salzburg 1993). — Adresse: Universität St. Gallen, Kulturwissenschaftliche Abteilung, Dufourstr. 50, CH-9000 St. Gallen, Schweiz.

Ziel meines Forschungsvorhabens am Wissenschaftskolleg war es, ein seit längerem geplantes Buch über die russische Kulturentwicklung zwischen den Revolutionen von 1905 und 1917 so weit zu dokumentieren und konzeptuell vorzubereiten, daß noch während oder unmittelbar nach dem Arbeitsaufenthalt in Berlin mit der Niederschrift des Texts begonnen werden könne.

Da meine Themenstellung — ich habe es anlässlich meines Kolloquiums mit Bezug auf ein Einzelbeispiel aus dem Bereich der modernen russischen Bildkunst aufgezeigt — transdisziplinär angelegt ist, sich also auch — über meine zentralen Fachinteressen hinaus — auf wissenschaftshistorische Fragen in den Bereichen Philosophie und Psychologie, vor allem aber Physik und Mathematik bezieht, war ich erfreut darüber, daß im laufenden Jahr gerade die Naturwissenschaften am Kolleg besonders stark und prominent vertreten waren, und ich darf sagen, daß mir die zahlreichen

fachübergreifenden Gespräche, die ich namentlich mit einigen Mitgliedern der Fachgruppe für Physik (Chaos-Forschung) führen konnte, von großem Nutzen waren.

Im engeren institutionellen Rahmen des Wissenschaftskollegs hatte ich, außerhalb meiner eigenen wissenschaftlichen Beschäftigung, u. a. Gelegenheit, zwei Veranstaltungen russischer Kollegen zu präsentieren, welche nicht mit wissenschaftlichen, vielmehr mit künstlerischen Projekten befaßt waren — nämlich Andrej Bitow mit seinem Versuch, am Beispiel Alexander Puschkins die dokumentarische („biographologische“) Brauchbarkeit fiktionaler Texte zu überprüfen, und Walerij Ogorodnikow, der an einem abendlichen Seminar sein filmisches Schaffen zur Diskussion stellte, das er zuvor in einem städtischen Kino vorgeführt hatte.

Ebenfalls in den Räumen des Wissenschaftskollegs konnte, dank weitreichender Unterstützung durch die Administration und das Hauspersonal, eine außerplanmäßige Veranstaltung durchgeführt werden, an der ich als Präsentator und Übersetzer (Lesung Marina Zwetajewa) beteiligt war.

*

Meine Doppelfunktion als wissenschaftlicher und literarischer Autor hat es mit sich gebracht, daß ich während meines Aufenthalts am Kolleg diversen dichterischen und übersetzerischen Projekten einen bedeutenden Teil der zur Verfügung stehenden Zeit widmete. U. a. schloß ich hier einen neuen Gedichtband ab, der im Herbst unter dem Titel „Restnatur“ erscheinen soll. — Rund drei Monate widmete ich der Übersetzung der großen Verszyklen Marina Zwetajewas aus den zwanziger Jahren; diese Texte werden im Frühjahr 1994 in Buchform vorliegen.

Weitere Übersetzungen (aus dem Russischen) entstanden in direkter Zusammenarbeit mit dem Dichter Gennadij Ajgi, der sich 1992/93 als DAAD-Stipendiat in Berlin aufhielt und von dem ich inzwischen sechs Bücher (drei davon in Berlin) übersetzt und editorisch für die Drucklegung vorbereitet habe. — Zur gleichen Zeit war hier ein anderer russischer Autor, Ilya Kutik, damit beschäftigt, eines meiner jüngsten Gedichtbücher („Ausgesungen“) ins Russische zu übertragen; das Buch wird (zweisprachig) zugleich in Berlin und Moskau verlegerisch betreut. — Außerdem ist zwischen Herbst 1992 und Frühjahr 1993 als Co-Produktion mit dem in Paris arbeitenden Künstler und Filmmacher Rolf Winnewisser das Drehbuch zu einer Filmmontage entstanden, die einerseits Teilstücke aus früheren Filmen Winnewissers, andererseits aus kommerziellen Produktionen der Unterhaltungsbranche kontrafaktisch zusammenschließen soll.

Der Aufenthalt in Berlin hat mir nicht zuletzt auch die Teilnahme an verschiedenen Veranstaltungen außerhalb des Wissenschaftskollegs ermöglicht. Im Literarischen Colloquium (Berlin-Wannsee) betreute ich als Moderator und Übersetzer eine öffentliche Abendveranstaltung mit Genadj Ajgi. Zusammen mit dem Avantgarde-Musiker Eberhard Blum konnte ich im Literaturhaus Berlin (West) eine viertägige Veranstaltung zum Gedenken an John Cage durchführen, in deren Verlauf ich einige Texte sowie einen neuen, mit Winnewisser hergestellten Film erstmals präsentierte; diese Veranstaltung wurde später beim Kunstverein Wien wiederholt. — Im Rahmen einer von der Literaturwerkstatt Berlin (Ost) veranstalteten „Woche der Schweizer Literatur“ stellte ich unter dem Titel „Ortstermin Berlin“ eine Sequenz neuer Texte vor.

*

Hohe Gesprächskultur, kollegiale und institutionelle Toleranz sowie stetige Hilfsbereitschaft und Freundlichkeit des gesamten Personals haben mir die Arbeit am Wissenschaftskolleg zum Vergnügen gemacht. Daß ich aus den hier gewonnenen Einsichten und Erfahrungen noch lange den unterschiedlichsten Gewinn ziehen können, steht für mich außer Frage. Das letzte Wort sei deshalb — Dank.

Christian Joerges

Die Legitimität Europas und der deutsche Nationalstaat



Geboren 1943 in Weißenfels/Saale. Professor für deutsches und europäisches Privat- und Wirtschaftsrecht/ Internationales Privatrecht an der Universität Bremen. 1982 - 87 Co-Direktor des Zentrums für europäische Rechtspolitik. 1985-1986 Fellow am Institute for Advanced Study, Wassenaar, NL. 1987-1988 Vertretungsprofessur am Europäischen Hochschulinstitut, Florenz; seit 1989 Part-time-Professor ebenda. Buchveröffentlichungen: *Zum Funktionswandel des Kollisionsrechts* (1971). *Verbraucherschutz als Rechtsproblem* (1981). *Die Sicherheit von Konsumgütern und die Entwicklung der EG* (mit J. Falke u. a., 1988). *Critical Legal Thought: An American-German Debate* (hg. mit D. Trubek, 1989). *Franchising and the Law: Theoretical and Comparative Approaches in Europe and the United States* (Hg., 1991). — Adresse: Bulthauptstraße 34, D-28209 Bremen.

„Der Beschwerdeführer, wie jeder Mensch, insbesondere jeder Deutsche, hat Anspruch auf den Schutz seiner Menschenwürde durch eine deutsche Staatsgewalt, welche vor allem demokratisch legitimiert ist.“ Diese Aussage steht am Beginn der Verfassungsbeschwerde des Rechtsanwalts Manfred Brunner gegen das deutsche Zustimmungsgesetz zum Maastrichter Vertrag über die Europäische Union. Das Urteil aus Karlsruhe wird für den Oktober 1993 erwartet. Sein Ergebnis und seine Begründung werden zeigen, wie es um die Verfassungs- und Rechtskultur in Deutschland steht. Die holprige Sentenz aus dem Schriftsatz des Rechtsanwalts Brunner habe ich zitiert, weil sie die berechtigte Frage nach der Legitimität der europäischen Integration in eine überaus deutsche Form bringt und weil sie, indem sie dies tut, die Zusammenhänge und die Aktualität der beiden Arbeitsvorhaben bestätigt, die mich in Berlin beschäftigen haben.

„Die Wissenschaft vom Privatrecht und der Nationalstaat“ lautet der Titel des ersten Vorhabens, das als Beitrag zu einem von Dieter Simon betreuten Sammelband zur „Wissenschaftsgeschichte der Jurisprudenz in der Bundesrepublik zwischen 1945 und 1990“ konzipiert ist. Die Genese der Thematik reicht weiter zurück. Im Nationalstaat hat das deutsche Pri-

vatrecht im 19. Jahrhundert seine förmlich-positive Einheit gefunden. Es mußte sich dabei von seinen universalistischen Traditionen lösen. Diesen Ablösungsprozeß hatten schon die organizistischen Rechtsbildungsvorstellungen der historischen Rechtsschule, der wissenschaftliche Positivismus und der Naturalismus des späten Ihering vorbereitet. Die Instrumentalisierung des Rechts für soziale und wirtschaftspolitische Ziele sollte ihn verstärken. Seither ist das Verhältnis zwischen den universalistischen Gehalten des Privatrechts und den Einseitigkeiten des Nationalstaats prekär geblieben. Mir ging es in der Rekonstruktion dieser Agenda in der Nachkriegsgeschichte um Unterscheidungen: zwischen allgemeinen Problemen der Privatrechtstheorie und den Befangenheiten in vordemokratischen Verhältnissen und völkischen Denktraditionen; zwischen einer Rehabilitierung unbeschädigter Traditionsbestände nach der Kapitulation des Staates der „Volksnation“ und der Einstellung des Privatrechts auf die neue Verfassung der Staatsbürgernation. Die Auseinandersetzungen mit den geistesgeschichtlichen Besonderheiten und politischen Verstrickungen der deutschen Rechtswissenschaft gehört zu den Identitätsschwierigkeiten einer Generation, die zu der Geschichte ihrer Disziplin kein unbefangenes Verhältnis finden kann. Die Thematik hat in allen meinen Arbeiten eine Rolle gespielt, im internationalen Privat- und Wirtschaftsrecht, der Privatrechts- und Wirtschaftsrechtstheorie, der Rekonstruktion amerikanischer und deutscher Traditionen der soziologischen Jurisprudenz und der Rechtskritik, zuletzt in einem Beitrag über die Wirkungsgeschichte eines im Jahre 1933 in die USA emigrierten Privatrechters. Die Fach-, Kultur- und Generationengrenzen überschreitenden Gesprächsmöglichkeiten am Kolleg haben mir sehr geholfen. Abgeschlossen oder abschließbar ist die Thematik nicht. Es geht mir ohnehin nicht allein um eine Vergewisserung über die Vergangenheit, sondern ebenso um eine Auseinandersetzung mit ihren Nachwirkungen in der Gegenwart und der absehbaren Zukunft. Wenn derzeit vor dem höchsten deutschen Gericht die „deutsche Identität der Deutschen“ beschworen, das „Land der deutschen Mark“ verteidigt und die Parole „Deutsch muß jede in Deutschland ausgeübte Staatsgewalt sein“ ausgerufen wird, so wird dies seinen Eindruck glücklicherweise verfehlen. Die wirklich wichtigen Verbindungslinien zwischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft sind subtiler, schwieriger zu erkennen und zu bewerten.

Der Verfassungsstaat der Deutschen solle „gleichberechtigtes Glied in einem vereinten Europa“ werden, heißt es in der Präambel des Grundgesetzes. Wie sich die Autonomie der nationalen Verfassungsstaaten, ihre Gleichberechtigung und die Einigung Europas in ein Verhältnis der praktischen Konkordanz bringen lassen, haben die Verfassungsväter nicht gesagt und nicht wissen können. Die Beschwerden gegen den Vertrag von

Maastricht — auch die des Rechtsanwalts Brunner — monieren zu Recht, daß der Prozeß der europäischen Integration dringend eine verfassungspolitisch überzeugende Perspektive benötigt. Aber wer den Vertrag zu Maastricht zum qualitativen Sprung in die Rechtlosigkeit stilisiert, meldet sich spät und mit nicht einlösbaren Forderungen zu Wort. Daß der Integrationsprozeß die Nationalstaatlichkeit des Rechts und die Institutionen des Verfassungsstaates in Frage stellt, ist seit langen Jahren erkennbar. Ebenso deutlich ist auch, daß dieser Prozeß nicht nur die Rechtswissenschaft, sondern ebenso gründlich Kategorien, Theoriebildungen und Fragestellungen der Nationalökonomie, Politikwissenschaft und Soziologie betrifft, die in einem erstaunlichen Ausmaß immer noch nationalstaatlich organisierte Gesellschaften voraussetzen. Alle betroffenen Disziplinen haben es mit einer durch den Integrationsprozeß veränderten Wirklichkeit zu tun. Diese Verhältnisse sind das Ergebnis politisch überlegter Entscheidungen, wirtschaftlicher Verflechtungsprozesse, transnationaler Problemzusammenhänge, pragmatischer Verhandlungen und Kompromisse. Gewiß steckt die so entstandene Wirklichkeit voller Ambivalenzen, und die Dynamik der letzten Jahre hat tatsächlich zu einer Legitimitätskrise der europäischen Institutionen geführt. Aber: Den Ausweg aus dieser Krise weist nicht die Erneuerung des „Prinzips der deutschen Staatlichkeit“, sondern die konstruktive Mitarbeit an der Verfassung für eine Gemeinschaft von Verfassungsstaaten — an einem Projekt, für das es keine gültigen historischen Vorbilder und keine schon ausgearbeiteten Modelle gibt.

Das freie Jahr am Kolleg ist meiner Neigung, die Integration als Grundlagenproblem zu behandeln, entgegengекommen. Entstanden sind dabei mehrere längere und kürzere Beiträge über die Legitimität des europäischen Wirtschaftsrechts und den Vertrag von Maastricht, über die Sozialregulierung in Europa und die Europäisierung des Privatrechts. Aber das Eigentliche ist in diesen Titeln nicht recht sichtbar: ein auf mehrere Jahre hin angelegtes Forschungsprogramm zur Rechtsverfassung der europäischen Wirtschaft, in dem ich meine internationalrechtlichen, wirtschaftsrechtlichen und rechtstheoretischen Interessen gleichsam integriert habe. Das mag ambitiös klingen oder auch mager wirken. Klar ist mir selbst, daß ich den Mut und die Muße zur Strukturierung eines derart schwierigen und langfristigen Vorhabens unter Normalbedingungen nicht aufgebracht hätte. In der Sache geht es um einen Baustein für das Projekt einer europäischen Verfassung. Im Zusammenhang mit der Integration zeichnet sich ohnehin eine Renaissance des Privat- und Wirtschaftsrechts ab. Deshalb kommt es darauf an, Vermittlungen zwischen wirtschaftlicher Freiheit und staatsbürgerlicher Autonomie, wie sie in den nationalen Verfassungsstaaten vorausgesetzt werden, innerhalb der Rechtsverfassung Europas zu gewährleisten.

Geplant hatte ich für das Jahr in Berlin als Hauptvorhaben eine Untersuchung zur Europäisierung von Risikoregulierungen. Dieses Vorhaben ist nicht in Vergessenheit geraten. Die Risikokategorie gehört zu den Schlüsselbegriffen des modernen Privatrechts und die Europäisierung des „Rechts der Risikogesellschaft“ ist weit vorangeschritten. Die Thematik ist in die schon genannten Arbeiten eingegangen. Ich habe sie in Thesenpapieren zur Institutionalisierung eines „Fourth Branch of Government“ in Europa und zur Lebensmittelgesetzgebung der EG aufgegriffen und am intensivsten in einem Projektantrag zu den Risikobewertungsverfahren der auf europäischer Ebene operierenden Ausschüsse („Komitologie“) behandelt; der Antrag wird in umgearbeiteter Form als selbständiger Aufsatz veröffentlicht. Die „Komitologie“ halte ich für die praktisch bedeutendste und theoretisch interessanteste institutionelle Erfindung des Rechts der Risikoregulierung in der EG. Wohl nirgendwo sind die Ambivalenzen des Integrationsprozesses deutlicher sichtbar. In den europäischen Ausschüssen begegnen sich Bürokratien, Repräsentanten wirtschaftlicher und sozialer Interessen, wissenschaftliche Experten mit lokalen und globalen Hintergrundorientierungen, um nationale Regelungsdifferenzen, Interessengegensätze und transszientifische Fragen zu klären. Diese Synthesen gelingen und sind allem Anschein nach von hoher Qualität. Die Intransparenz der Verfahren, die Unklarheiten der politischen Verantwortungen und der rechtlichen Schutzmöglichkeiten stehen auf einem anderen Blatt. Mir geht es um die Ausarbeitung eines Regelungsmodells, das die grenzüberschreitenden Interdependenzen der Risikoproblematik respektiert, das die Abstimmungs- und Kooperationsbedürfnisse in Europa nutzt und gleichzeitig verfassungsstaatlichen Anforderungen entspricht.

„Mehr, mehr“, schrie der kleine Häwelmann“, als er nicht wahrhaben wollte, daß seine Entdeckungsfahrten enden müssen. „Mehr“ hieße: Zeit für Bücher und Gespräche, Literatur und Sprachen, Theater und Filme, Museen und Musik und vieles andere mehr. Viele neue Anregungen und Lernerlebnisse, die sich in die mitgebrachten Perspektiven nicht einfügen und deren Fernwirkungen noch nicht überschaubar sind, müssen genügen.

Gideon Louw

Bioenergetics and Eusociality



Born in Johannesburg, South Africa in 1930 and matriculated at St. Johns College. Received B.Sc. degree from Stellenbosch University in 1952; M.Sc. conferred at Pretoria University in 1957 and Ph.D. at Cornell in 1960. Most of my academic career was spent as Professor and Head of the Zoology Department at the University of Cape Town. From 1989-91 I filled a contract appointment as Executive Director of the Foundation for Research Development, which is the major funding agency for university research in South Africa. Acted as Visiting Professor and Visiting Scholar at various universities, including Arizona, Cambridge and Zurich. Some 90 scientific articles have been published as well as two books: *Ecology of Desert Organisms* (with M. K. Seely, Longmans, London 1982), and *Physiological Animal Ecology* (Longmans, London 1993). — Address: Zoology Department, University of Cape Town, Rondebosch 7700, Cape Town, South Africa.

The invitation to spend an academic year at the Wissenschaftskolleg came at a very opportune time in my career, namely after a three-year contract period as a senior administrator and before returning to active academic life. I have therefore used part of this valuable period to prepare myself for a major new research project on social insects, beginning in 1994. Considerable time has been devoted to a systematic study of both the recent and classical literature in this field, with particular reference to the Formicidae. My studies were greatly facilitated by the recent encyclopaedic review by Hölldobler and Wilson (1990) and my personal collection of reprints. The above studies proceeded on a broad front involving, at first, an overview of the major diagnostic criteria used in the taxonomy of the Formicidae. Specimens were collected in the Berlin area to test the use of important keys and to gain at least an appreciation of the immense complexity of the systematics of circa 9000 species of Formicidae.

The next challenge was to review the literature on the evolution of eusociality among the insects. Eusociality has evolved about twelve times among the Hymenoptera and once in the protoblattoid line that led to the evolution of the termites. In spite of many imaginative explanations for

the development of this fascinating and highly successful life-style, including Hamilton's haplodiploidy theory and the hypothesis of parental manipulation, I could not find a truly satisfying explanation of how the evolution of eusociality occurred. In fact, it would seem that this problem has now become a central issue in evolutionary theory, as it does not easily fit into either classical or neo-Darwinian conceptual thinking. Modern molecular and mathematical approaches may be more successful in contributing to a more acceptable solution in the near future. However, for the present at least, it is comparatively easy to answer "why" eusociality evolved but the "how" question remains for the most part a challenging and important mystery.

The remainder of my period of study was centred on the biology of the Formicidae. These studies included the life cycles of colonies, communication, castes, social homeostasis, foraging and symbioses with other organisms. This review left me with two major impressions. First, there is an immense literature on these subjects, which is of a highly variable quality. Much of it requires confirmation by new, well-controlled experiments. Secondly, one of the sub-disciplines which has not received sufficient attention is the nutrition of colonies. This is particularly true for the comparative analyses of net energetic yields of different colonies and different castes within colonies. This problem lies at the heart of the advantages associated with the flexible eusocial life-style. I intend to research certain aspects of this sub-discipline in 1994.

To date all my writing has been directed at my professional colleagues, but for several years I have had the ambition to write for a much wider audience of lay persons. I have therefore devoted a considerable amount of my time at the Kolleg to writing a series of ten essays on the general theme of "Animals at Work". They are essentially about the universal dependence of animals on energy and the fascinating ways in which energy is used, saved and wasted by animals as disparate as mosquitoes and elephants. In each essay an attempt was made to reach a generalised theoretical conclusion of some heuristic value. The following is a brief synopsis of the different essays.

1. This introductory essay concentrated on the most unusual physical properties of the water molecule and how life has evolved around these unusual characteristics. The importance of water for transporting energy from cell to cell and among organisms has been emphasised by tracing the journey of a water molecule from a vineyard in France, through Napoleon, to the Antarctic and eventually via whales and a salmon in a Scottish river to a tea cup in Britain.
2. This essay describes how efficiently fish use energy for a variety of purposes. The way in which schooling reduces the cost of locomotion has

been explained and how fast swimmers, such as marlin, 'waste' energy in their specialised eye muscles to keep their optic nerves warm, thereby enhancing their visual acuity for hunting their prey. Other examples include the way in which oxygen-starved fish of the cyprinid family ferment sugar into alcohol to produce energy in the absence of oxygen without, unfortunately, affecting their sobriety.

3. Any explanation of energy exchange among organisms requires an understanding of the fuels that animals consume to provide energy for countless biochemical reactions. This essay is entitled 'Fuels for Beating Entropy' and provides a general description of the major nutrients, their function and the efficiency with which they are used by animals. The tremendous variation that animals exhibit in their modes of feeding has been emphasised and contrasted with the very similar metabolic fates of the nutrients in all animal cells. Perhaps a reflection of our common cellular ancestry in the primordial soup.
4. This essay is devoted to a discussion of the bioenergetics of flight with emphasis on the special problems of small birds, such as hummingbirds and small flying insects like honeybees and bumblebees. Many other examples, e. g. moths flying in a snow storm at 0 ° C and dung beetles with thoracic temperatures of 40 ° C, have been used to explain the physical and physiological phenomena involved. The interesting question of why there are no flying birds smaller than two grams and no flying insects larger than thirty grams has been analysed at some length.
5. In this essay the crucial importance of cellulose digestion in providing energy in many ecosystems has been explained. This then immediately raises the question why so few animals have evolved the enzyme cellulose to digest the huge amounts of cellulose produced in nature. Instead, many use symbiotic micro-organisms within their specialised digestive tracts to break down the cellulose. The miraculous chemistry of symbiotic digestion transforms crude, dry plant material into such refined products as meat, milk and wood and these processes have been explained. The physiological discussions have been interspersed with a zoological travelogue through the African bushveld.
6. Much energy is expended in keeping animals warm. In fact, warm-blooded animals require some 13 —17 times more energy than similarly sized cold-blooded species in order to survive in the wild. This essay analyses how energy is husbanded and 'wasted' by a variety of animals such as polar bears, Saharan ants, musk oxen, Antarctic penguins, giant monitor lizards and many others to maintain their preferred body temperatures, as well as the evolutionary and ecological implications of these phenomena.

7. Sexual reproduction requires a great deal of energy in terms of male combat for mates, courtship behaviour, the growth and maintenance of secondary sexual characteristics and often involves serious injury and exposure to predation. The physiological basis of various patterns of sexual reproduction has been described, including the surrender of the maternal endocrine system to foetal control in mammals during pregnancy. In conclusion, the profound question of how and why sexual reproduction evolved has been examined, but without arriving at any clear conclusion.
8. The ability to orientate and navigate can often be of critical survival value for both humans and animals in their quest for obtaining sufficient energy from the environment. The remarkable abilities of birds and insects to navigate have been examined in this essay by explaining the relative importance of the sun, stars, polarised light, geomagnetism and odours as possible navigational cues.
9. This essay is entitled 'Desert Sands' and is essentially a scientific travelogue through the Namib Desert, during which the reader is introduced to some of the more important desert animals, like ostriches, oryx, darkling beetles, ground squirrels, sand-diving lizards and many others. Emphasis has been placed on how the animals are physiologically adapted for survival in the desert, which we anthropomorphically regard as 'harsh'.
10. The final essay attempts in broad terms to describe how energy usage by humans has developed and expanded exponentially from the Stone Age to the late twentieth century, and is entitled 'From Silicone Tools to Silicone Chips'. The key importance of fire, nomadism and eventually primitive agriculture has naturally been emphasised. Quantitative examples of energy usage during the era of cathedral building and space travel are reported. The social life of humans and eusocial animals is compared as a basis for speculating on how modern technology may soon drastically change the social life-styles of humans in the cause of stability.

I wish to record my sincere thanks to all members of the staff of the Wissenschaftskolleg for their friendly and efficient help.

Ernö Marosi

Kann man eine Königstochter von 1373 wiederfinden?

Ein halbes Jahr am Wissenschaftskolleg



Geboren 1940. Studium der ungarischen Philologie und Kunstgeschichte an der Universität von Budapest, 1958-1963, Promotion 1967. Herder-Stipendium an der Universität Wien 1968/69. Seit 1963 Lehrtätigkeit an der Universität Budapest, seit 1974 Forschungstätigkeit am Institut für Kunstgeschichte der Ungarischen Akademie der Wissenschaften. Habilitierung 1990 in mittelalterlicher Kunstgeschichte. Senior Visiting Fellow, CASVA, Washington 1991. Veröffentlichungen hauptsächlich über ungarische Kunstgeschichte des 11.-15. Jahrhunderts. — Adresse: Institut für Kunstgeschichte der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, P. O. B. 72, H-1250 Budapest I.

Des Frivolen, ja gegebenenfalls Provokativen des obigen Titels bin ich mir zwar bewußt, und ihn solchermassen zu empfinden erscheint mir völlig berechtigt. Wenn ich aber auf die Arbeit der vergangenen sechs Monate zurückblicke, muß ich ehrlich bekennen, daß mich doch vor allem diese Frage beschäftigt hat. Kunsthistoriker müssen sich oft mit Problemen befassen, die für alle anderen als *petits riens* erscheinen. Und nicht nur Kunsthistoriker — um gleich die für mich wichtigste Lehre aus dem täglichen Kontakt mit Vertretern mir völlig fremder Wissenschaften zu resümieren.

Denn im Kolleg angekommen bin ich nicht etwa mit großen Plänen, ein Buch zu beenden oder eine Monographie zu schreiben. Mit so etwas fängt man in der Regel erst an, wenn es Hoffnungen für die Veröffentlichung gibt. Wenn nicht, ist man so frei, sich seinen Lieblingsthemen zu widmen.

Ein solches ist seit meiner Jugend das Rätsel der 1373 von den Gebrüdern Martin und Georg von Klausenburg signierten (das Schild mit der Signatur wurde allerdings 1749 gestohlen) Bronzestatue des Heiligen Georg als Drachentöter auf der Burg von Prag. Es ist ein einzigartiges Werk, das den Einordnungsversuchen der Kunsthistoriker bisher zäh widerstand, was sich dadurch rächte, daß es in Vergessenheit geriet und Pauschalurteilen unterlag: Als der Vorrat an Methoden ausgeschöpft war

beziehungsweise versagte, wurde es still um dieses Kunstwerk. Mein Ziel ist, vorerst den Stand der Forschungen über dieses Objekt zu überblicken und sie gegebenenfalls zu revidieren. Denn es handelt sich um teilweise mehr als fünfzig Jahre alte, nie überprüfte Feststellungen über Beziehungen zu Werken, die inzwischen völlig anders beurteilt werden. Für diese Arbeit bot mir der Aufenthalt in Berlin besonders gute Chancen. Ich kam mit einem recht umfangreichen Manuskript an, das ich vervollständigen wollte.

Und nun komme ich auf die verlorene Königstochter zu sprechen. Ihre Figur — heute nicht mehr vorhanden, offensichtlich der Reparatur von 1563 zum Opfer gefallen — bekam eine Schlüsselrolle in der Beurteilung der ganzen Statue, die die Forschung immer in der Tradition der Reitermonumente sah, die sich in der Tat jedoch als eine auf die Frontalansicht berechnete szenenhafte (Reliefs oder Malereien ähnliche) Darstellung erwies. Sowohl ihre künstlerischen Voraussetzungen als auch das *Know how* des großformatigen hohlen Bronzegusses weisen nach Italien hin. Ich habe das Wesentliche über die Beziehungen der Statue zum Wirken von toskanischen Künstlern in der Dombauhütte von Orvieto bereits früher herausgearbeitet; es blieb eine mühsame Kleinarbeit zu Fragen, die sich aus dieser Hypothese ergaben. Nicht nur in die neue Literatur zu den oft verworren und widersprüchlich dargestellten Wechselbeziehungen der italienischen Trecentokunst hatte ich mich zu vertiefen, sondern möglichst auch in die Technologie des Bronzegusses, die Physiognomik und Tierkunde des Mittelalters, die Ikonographie und den Kult von St. Georg, Ritterorden und Turniere, Statuengehäuse und Baldachine, ja sogar in das Thema Brunnen und in Fragen zur Technik der Wasserversorgung im Mittelalter im allgemeinen las ich mich ein. Ich registriere diese weitverzweigte Orientierung ohne einen Anspruch auf Interdisziplinarität oder von Interessen für die Einbindung des Kunstwerks in das Alltagsleben, weil meine Orientierung keineswegs systematisch war, sondern zwangsläufig den jeweils aufgeworfenen Fragen folgte. Sich auf die Grundlagenforschung konzentrierende Historiker mögen sogar sagen: ein Musterbeispiel des auf Sekundärliteratur gegründeten Vorgehens. Es ist wahr, und gerade dazu bot mir die — um bei den Brunnen zu bleiben — reich und ununterbrochen fließende Quelle der Bücherversorgung am Wissenschaftskolleg eine ausgezeichnete Gelegenheit.

Denn auch äußere Gegebenheiten haben diesen Weg nahegelegt. Meine Pläne, ein lange fälliges Studium der Bestände des Kupferstichkabinetts der Staatlichen Museen zu verwirklichen, mußten wegen der ansonsten erfreulichen Umstände der Wiedervereinigung und des Umzugs der Berliner graphischen Sammlungen auf eine andere Gelegenheit verschoben werden. Auch die Gepflogenheit der Kunsthistoriker, mit einem Apparat

(und dabei mit vielen, auf dem Tisch ausgebreiteten Bildbänden) zu arbeiten, was sich verständlicherweise unter Verhältnissen der befristeten Ausleihe von Büchern kaum realisieren läßt, war durch den Umbau der Kunstbibliothek nicht begünstigt. Der regelmäßige Besuch der Bibliothek des Kunsthistorischen Instituts der Freien Universität und mancher Museumsabteilungen haben mir sehr weitergeholfen. Der Hilfsbereitschaft und Freundlichkeit meiner Berliner Fachkollegen habe ich viel zu verdanken. Ich habe zum ersten Mal die Gelegenheit gehabt, die Museumsbestände Berlins gründlicher zu studieren, und zwar „beiderseits“, beliebig sogar innerhalb einer Stunde in Dahlem und auf der Museumsinsel.

Unter die Rubrik „Sekundärliteratur“ gehören auch meine weiteren Studien, die oft der Auffrischung oder Weiterführung früherer Arbeiten galten: Fragen der Redaktion von Bild und Text in mittelalterlichen Handschriften, Erscheinungen des „Orientalismus“ und des Historismus im Mittelalter. In diesen Kreis gehören auch Arbeiten über die Fragen der Betrachtung mittelalterlicher Kunst im Rahmen von Ost-/Mitteleuropa. Selbst intensives Lesen konnte mir nur zu einem winzigen Teil der diesbezüglichen historischen Literatur Zugang verschaffen. Besonders intensiv habe ich mich mit der Geschichte der mittelalterlichen Kartographie beschäftigt. Sie erschien mir nicht nur als eine visuelle Eroberung der Welt, sondern auch als die parallel mit der Entdeckung der Neuen Welt erfolgte geistige Inbesitznahme der mitteleuropäischen Heimatgebiete.

Was mir wichtig daran erschien, war der Eindruck, daß Mitteleuropäertum immer mehr als ein intellektuelles Erlebnis, ein Gelehrtenbewußtsein erschien, entgegen den Thesen, die eher die Rolle der Spontaneität, der Gefühle und irrationaler Momente daran betonen. Ich fühlte mich bestärkt, als ich immer wieder erfahren konnte, wie eng meine Themen zusammenhängen, so daß ich wichtige Gedanken oder Daten in einem Buch oder Aufsatz fand, die ich ursprünglich zu einem anderen Thema bestellt hatte. Aber wie hätte es anders gewesen sein können: Letzten Endes diente diese Thematik, die bei ihrer Formulierung vor zwei Jahren viel aktueller und sogar politisch dringender erschien als heute, der Ordnung und Systematisierung meiner Erfahrungen in der Kunstgeschichte. So befaßte ich mich auch in meinem Colloquium mit diesen Fragen. Sie blieben wahrscheinlich offen, und es ist gut so: Schließlich hätte man diese Beziehungen statt durch theoretische Erörterungen durch die Denkmäler des Mittelalters darstellen sollen, etwa in der Art, wie Jan Bialostocki es in seinem Renaissancebuch getan hat.

In das halbe Jahr meines *Otioms* am Wissenschaftskolleg fielen einige Vorträge. Gleich zu Anfang sorgte eine Tagung des deutschen Nationalkomitees des ICOMOS über den Umgang mit Denkmälern des Kommunismus

mus dafür, daß ich nicht vergaß, woher ich komme. Dann war ich mit einem *Workshop* der *Central European University* in Budapest beschäftigt, wo ich über die Ungarische Bilderchronik als historische Quelle referierte. In Mai nahm ich an einem Colloquium in Neapel über die Kunst unter den Anjous teil, mit einem Beitrag zu den Denkmälern der ungarischen Anjoudynastie, woran sich sehr eilige, aber wichtige Studien in Rom und Orvieto anschlossen. In Juni kam ich einer Verpflichtung in Berlin im Ungarnhaus nach und referierte über die Statuen der Sigismundzeit in Buda. Eine Einladung der Kunsthistorischen Gesellschaft in Berlin gab mir Gelegenheit, über meine Forschungen zur Prager Georgsstatue zu berichten. Dennoch war es mir möglich, dank der ausgezeichneten technischen Ausstattung am Kolleg, während der Abwesenheit von meinem Institut und meiner Universität alle Kontakte aufrechtzuerhalten. Ein kürzerer Aufsatz über die Ikonographie von Kaiser Sigismund sowie Kommentare zu einer Quellenausgabe wurden vollendet, leider auch ein Nachruf auf einen meiner verehrten Lehrer. Da mir inzwischen die Herausgabe der kunsthistorischen Zeitschrift der Ungarischen Akademie anvertraut wurde, ist es nicht zuletzt auch dem Wissenschaftskolleg und den von ihm gebotenen Arbeitsmöglichkeiten zu verdanken, wenn der Jahrgang 1993 der *Acta Historiae Artium* überhaupt erscheinen wird.

Peter von Matt

Seite 674



Ich bin Ordentlicher Professor für Neuere deutsche Literatur an der Universität Zürich, Jahrgang 1937. Ich habe Germanistik, Anglistik und Kunstgeschichte studiert, in Zürich und in England, habe mich 1970 habilitiert und wurde 1976 als Ordinarius auf den Lehrstuhl Emil Staigers in Zürich berufen. Als Gastprofessor war ich an verschiedenen Universitäten tätig, u. a. in Stanford, California. Ich habe Bücher geschrieben über Franz Grillparzer und über E. T. A. Hoffmann, über die Literaturwissenschaft und Psychoanalyse, über die Literaturgeschichte des menschlichen Gesichts und über den Liebesverrat in der Literatur. Neben der berufusüblichen Publikation von Editionen und wissenschaftlichen Aufsätzen habe ich mich in den letzten fünfzehn Jahren auch als Kritiker in verschiedenen Medien betätigt. 1991 erhielt ich von der Deutschen Akademie für Sprache und Dichtung in Darmstadt den Johann Heinrich Merck-Preis für literarische Kritik und Essay. — Adresse: Deutsches Seminar der Universität Zürich, Rämistr. 74 —76, CH-8001 Zürich.

Ein Traumgedanke: mit einem Buch, das zu zwei Dritteln im Rohmanuskript dasteht, nach Berlin zu kommen und dann hier gelassen zu Ende zu schreiben, von Oktober bis März vielleicht oder auch etwas in den April hinein. Und dann wären immer noch einige Monate, wo man feilen könnte und bereinigen: Adjektive streichen, immer von zweien eins; Helvetismen ausrotten und durch das ersetzen, was das gebildete Deutschland für richtig hält; Anmerkungen erweitern sowohl durch die Weisheit, wie sie einem reichlich beifällt im Gespräch mit den Kollegen, als auch durch jene raffinierten Literaturverweise, die einen so belesen erscheinen lassen, wie man es immer schon gerne gewesen wäre. Und das Kolloquium am Dienstagmorgen, diese zwischen Sauhatz und Lagerfeuer unentschieden schwebende Veranstaltung, man bestritte sie, indem man das zweite Kapitel vorträgt, das längst fertig ist und in runden Gelenken läuft und da und dort mit feinen Pointen glitzert, so daB es den Vertretern der *hard sciences* ein wenig flimmert vor den Augen und sie mindestens so lange zögern, mit der Machete zuzuhauen, bis der große Gong wummert. Und Ende Juni

wäre alles fertig, und man wandelte erlöst durch den Berliner Sommer und unter dem ungeheuren Baumgewoge dieser Stadt dahin, und es duften die Linden, und die Seele genießt alles, selbst den Kitsch dieses Satzes.

Doch da dem nun nicht so ist, läuft einem die Zeit unter den Händen weg, und schon ist Mai und Juni und Juli, und nichts ist fertig. Zwar häuft sich der Papierstoß, aber wie alles enden soll, liegt im Nebel, und grimmig schaut man auf all das Geschriebene: ob aus dem Haufen je was Fertiges wird?

Als ich ankam am 14. Oktober 1992, habe ich mich einen Tag lang eingerichtet und den Tag darauf den ersten Satz geschrieben, von Hand, da ich ein Handschreiber bin, ein Freund der Tinte und der langsam lumpig werdenden Löschpapiere. Und sodann bemühte ich mich, Tag für Tag voranzuschreiben, und heute, am zehnten Juli 1993, halte ich in der Blattmitte von Seite 674, welche imponierende Zahl aufs kläglichste einschrumpft, sobald man sie auf Computerseiten übersetzt.

Das Buch beginnt mit Absalom, dem Sohn Davids, der mit seinem Haar, dem schönsten in Israel, an einer Eiche hängen blieb und kläglich zu Tode kam, als er den Aufstand wagte gegen den gesalbten Vater. Söhnen dieser Art und Töchtern verwandter Beschaffenheit gehe ich nach in der Literatur, der alten und ältesten wie der jüngeren und jüngsten. Soviel zum Thema.

Im Verlauf des Jahres, und also mit notwendiger Unterbrechung der Arbeit am Buch, habe ich aus den Gegenständen und Einsichten, die sich da langsam ergaben, einen Vortrag geschrieben, den ich auch meinem pflichtgemäßen Auftritt am Wissenschaftskolleg zugrunde legte. Überdies entstand so die Werner-Heisenberg-Vorlesung vom 9. März 1993, zu der ich von der Carl-Friedrich-von-Siemens-Stiftung in München eingeladen wurde. Der Text — „Verkommene Söhne, mißratene Töchter. Die Familie als Tribunal in der Literatur“ — wird im Dezember im *Merkur* erscheinen. In Berlin hielt ich Gastvorlesungen an der Technischen Universität (13. Mai) und an der Freien Universität (7. Juli). Ich las aus publizierten und unpublizierten Arbeiten in der Autorenbuchhandlung (10. Mai) sowie am SFB 3 (Aufnahme am 22. April in der DAAD-Galerie). Im Vorfeld der umstrittenen Aufführung des Hochhuth-Stücks „Wessis in Weimar“ mußte ich am 7. Februar am Fernsehen eine kritische Stellungnahme zur literarischen Beschaffenheit und Qualität des Werks abgeben. Die Aufnahme des Interviews erfolgte in der Bibliothek des Wissenschaftskollegs. Am 23. und 24. April nahm ich als Kritiker an der Veranstaltung „Tunnel über der Spree“ des Literarischen Colloquiums teil. Am 29. April hielt ich auf Einladung des Rektorats der Universität Zürich die Rede zum Dies Academicus: „Der Traum an der Grenze. Zur literarischen Phantasie in der Schweiz“. Der Text ist sowohl im Jahresbericht der Uni-

versität wie auch in der *Neuen Zürcher Zeitung* erschienen. Im Magazin der gleichen Zeitung, *NZZ Folio*, Ausgabe Mai 1993, veröffentlichte ich eine essayistische Skizze, zu der mich die unmittelbare Umgebung meiner Wohnung im Grunewald anregte: „Ein reizender kleiner Bahnhof“. Ich versuchte dabei, etwas von der Beklemmung wiederzugeben, die einen erfaßt, wenn man den zierlichen Bahnhof Grunewald sieht und erfährt, daß von hier aus die Berliner Juden zu Tausenden in den Tod abtransportiert wurden. In einem engeren Sinn akademisch war meine Mitarbeit in einer Berufungskommission der Universität Leipzig zur Besetzung eines Lehrstuhls für Germanistik.

Mein Beruf und meine Leidenschaft für die Literatur brachten es mit sich, daß ich in diesen Monaten, wenn immer es möglich war, im Theater saß. Ich habe hier eine Reihe von Aufführungen gesehen, die mir persönlich neue Maßstäbe setzten, Maßstäbe positiver Art insbesondere am Deutschen Theater in Ostberlin — *Nathan, Der Turm, Philotas, Der zerbrochene Krug, Der Wald, Der Pelikan, Das Käthchen von Heilbronn* ... —, einen Maßstab negativer Art auch einmal am Schloßparktheater. Die Aufführung von Grillparzers *Weh dem, der lügt!*, einem Stück voller Witz, Weisheit und Charme, war von dermaßen schauerlicher Dummheit in der intellektuellen Anlage, von so grauenerregender Vertrottelung in Regie, Ausstattung und Darstellerleistung, daß sie auch in der fernsten Provinz nicht untertroffen werden kann. Ich muß das hier feststellen, um meine immer noch fortwirkende innere Lähmung über diese künstlerische Scheusäligkeit zu überwinden. Die vor wenigen Tagen beschlossene Schließung des Schloßparktheaters berührte mich wie das Wirken einer höheren Macht.

Und nun wäre zu reden von der Vielfalt menschlicher Begegnungen am Wissenschaftskolleg. Ich kann diese Dinge aber nicht auf ein paar Sätze bringen, so wie es mir auch unmöglich ist, meine Erfahrung der gesellschaftlich-politischen Wirklichkeit Berlins in diesem bedenklichen Jahr mit ein paar runden Formeln aufzufangen. Ich liebe sehr das Orchideenhaus des botanischen Gartens in Dahlem, und gelegentlich fühlte ich mich an der Wallotstraße in eine Abwandlung davon versetzt. Dann wieder sah ich mich in der alten Villa so heftigen intellektuellen wie zwischenmenschlichen Herausforderungen gegenüber, daß der Vergleich nur noch platt und einfältig erscheint. Was immer ich hier gelernt habe, wie immer ich mich hier verändert habe, was immer mir hier beigebracht und ausgetrieben wurde, ich werde es erfahren an der Art und Weise, wie sich mir die Arbeit in der kommenden Zeit unter den Händen verändert und die Energien der Erinnerung sich auswirken in dem, was ich plane und versuche.

Das letzte Wort — wie könnte man hier ein anderes hinsetzen? — ist Dankbarkeit.

Pier A. Mello

Statistical Problems in Disordered Systems



Born October 15, 1939 in Pray, Italy. Ph. D. degree from UNAM (National University of Mexico), 1965. Postdoctoral position at the Institute of Advanced Study, Princeton, NJ, 1965-67. Full Professor at UNAM since 1974. Visiting Professorships at the University of Wisconsin at Madison, at Saclay, France, University of Washington at Seattle. Member of the referee staff for *Physical Review*, *Physical Review Letters* and *Nuclear Physics*. Courses on Mechanics, Electrodynamics, Thermodynamics, Statistical Mechanics, Quantum Mechanics and Nuclear Physics. Publications: 88 articles in international journals. — Address: Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, 01000 México, D.F.

During my stay at the Wissenschaftskolleg my interest in research has focused on statistical problems in disordered systems. In particular, I completed the research on a problem in magnetism and on one in mesoscopic systems and I wrote the corresponding papers:

1. "Strongly coupled Ising chain under a weak random field". By P. A. Mello and A. Robledo, *Physica A*, under discussion (see abstract).
2. "Random-matrix study of multiprobe mesoscopic devices. II. A four-probe one-dimensional system". By V. A. Gopar, M. Martinez and P. A. Mello, to be submitted to *Phys. Rev. B* (see abstract).

I also started working on some new topics:

1. Quantum transport in a normal mesoscopic conductor-superconductor junction: collaboration with J.-L. Pichard. The paper will be submitted to *Phys. Rev. B* (see preliminary abstract).
2. Surface magnetization in a semi-infinite 2D Ising system having random bonds with a layered structure: collaboration initiated with I. Peschel, Freie Universität Berlin.
3. Corrections to Rayleigh's law on random scattering: collaboration initiated with B. Shapiro, Technion, Haifa (at present at Saclay).
4. Possibility of describing the distribution of the conductance at the metal-insulator transition using a random-matrix model: collaboration started with B. Shapiro.

During the academic year I gave a number of lectures:

1. Various seminars inside the physics group at the Kolleg.
2. "Universality in the statistical description of physical phenomena". (Tuesday-Colloquium at the Kolleg, March 1993, see pages 163-170.
3. "Analysis of an Ising chain in a random magnetic field". (Freie Universität Berlin, February 1993/Saclay, May 1993).
4. "The physics of mesoscopic systems" (Freie Universität Berlin, June 1993).
5. "Random matrices and applications" (Hahn-Meitner-Institut, Berlin, July 1993).

I was invited by the Centre for Theoretical Physics, Trieste (Italy), to give a course on "Random Matrices", for the Workshop on Mesoscopic Systems and Chaos, 26 July to 6 August 1993. I thus spent some time in the preparation of these lectures and the corresponding notes.

I would like to stress the relevance, for my academic work, of the visit of two colleagues, A. Robledo (one week in January, 1993), and J.-L. Pichard (3 weeks, February-March, 1993). These visits allowed me to finish a paper and to initiate a research whose respective summaries follow hereafter.

I visited Saclay (France) during 10 days in May. Thanks to this visit I could continue the collaboration with J.-L. Pichard and initiate the one indicated above with B. Shapiro.

Strongly coupled Ising chain under a weak random field (Summary)

(Co-authored with Alberto Robledo)

We present here an analytical method based on the transfer matrix M to study quenched disorder in one-dimensional spin systems in the limit of strong couplings and weak disorder. The procedure is formulated for the random-field Ising chain of finite length L , and its properties, represented as functions of M , satisfy a differential equation of the Fokker-Planck type. This equation describes "evolution" with L , and a central-limit theorem of a novel kind provides the equation and its solution with universal character. We obtain analytical expressions for the moments of the magnetization of the infinite length chain and study the approach to the infinite coupling limit. We find that the random-field free energy f_H and the Edwards-Anderson order parameter m_2 satisfy a simple relation. We discuss our results in connection to previous work by Luck and Nieuwenhuizen.

Random-Matrix Study of Multiprobe Mesoscopic Devices. II A Four-Probe One-Dimensional System (Summary)

(Co-authored with Victor A. Gopar and Moisés Martínez)

A random-matrix analysis is presented for a four-terminal device consisting of one dimensional mesoscopic wires. Interest is focused on the potential difference v measured between the two sides of a weakly disordered conductor. Various interference effects are found in statistical distributions $w(v)$ of v . Both the centroid and width of $w(v)$ oscillate as a function of the probe separation, the size of the oscillations depending on the coupling constant s between the probes and the wire. For $s < z I$, $w(y)$ is wide enough to yield a nonzero probability to find a potential rise instead of a potential drop.

Quantum Transport in a Normal Mesoscopic Conductor-Superconductor Junction (Summary)

(Co-authored with Jean-Louis Pichard)

Motivated by recent experimental and theoretical studies, we present a random-matrix model for quantum electronic transport in a normal mesoscopic conductor coupled to a superconductor. Electrons that are incident on the superconductor below the energy gap do not propagate in the superconductor, and thus suffer an Andreev reflection at the junction. For the statistical analysis, the standard transfer matrix model is used for the normal part.

In a simple 1-channel problem ($N = 1$), the average conductance *decreases* as the length L of the normal part increases, as long as the strength of the Schottky barrier at the junction is below a critical value; above that critical value, the conductance first *increases* and then eventually goes to zero for large L .

In a multichannel problem and when the normal metal is in the ballistic regime, we find a behaviour similar to that for $N = 1$ in the orthogonal case ($\beta = 1$), while we observe a *monotonic* decrease of the conductance with increasing L for $\beta = 2$. We should remark that, in the absence of a Schottky barrier and for $L = 0$ (no disorder normal part), $g = 4N$: i. e., as a result of Andreev's reflection, one obtains twice the value in the absence of the superconductor. On the other hand, again in the absence of the barrier but in the diffusive regime, the superconductor has *no* effect on the average conductance. In this regime, the effect of the barrier and of a magnetic field are now under study.

Axel Müller-Groeling

Gleichgewichts- und Transporteigenschaften mesoskopischer Systeme



Geboren 1964 in Saarbrücken. Studium der Physik in Kiel und Bonn. Diplom 1989 am Forschungszentrum Jülich, Promotion 1992 am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg über mesoskopische Systeme. Arbeitsgebiet: theoretische Festkörperphysik. Veröffentlichungen in internationalen Fachzeitschriften, u. a. zu Leitwertschwankungen und dem Aharonov-Bohm Effekt in mesoskopischen Systemen, Spingläsem, persistent *currents*. — Adresse: University of Toronto, Department of Physics, 60 St. George Street, Toronto, M5S 1A7 Ontario, Canada.

Dem Versuch, die eigene Forschung zu planen, kann man einiges entgegenhalten. Verläßt nicht derjenige, der über eine unverbindliche Ankündigung dessen hinausgeht, was er in nächster Zeit zum Gegenstand seines spielerischen Interesses zu machen wünscht, bereits den Bereich wahrer Forschung? Das Ansinnen so manchen Stipendiengegers, den Forschungsplan für die nächsten ein bis zwei Jahre mit einem präzisen Zeitplan und einer Kurzbeschreibung der anzuwendenden Methoden zu versehen, gibt jedenfalls ebenso Anlaß zu Verwunderung wie die Tatsache, daß häufig zwar die Projektskizze, selten allerdings deren Umsetzung begutachtet wird. Am Berliner Wissenschaftskolleg ist man offenbar auch in dieser Hinsicht klüger und prüft weder den Plan noch seine Ausführung. Es bleibt zum Glück bei einer Liste unverbindlicher Ankündigungen, die in meinem Fall drei Punkte umfaßte.

An oberster Stelle stand das Problem der *persistent currents*, das ich gemeinsam mit Hans Weidenmüller in Angriff nehmen wollte. Dieses Projekt hatte in unseren Augen bereits vor der Berliner Zeit weitgehend Gestalt angenommen, so daß wir zuversichtlich waren, die Arbeit in einer etwa zweimonatigen Warmlaufphase abschließen zu können. Zweitens hatte ich mir vorgenommen, mich mit der Quantenmechanik von Spingläsern zu beschäftigen. Vorarbeiten hierzu waren in Form zweier Artikel von Reinhold Oppermann und mir bereits geleistet. Schließlich wollte ich — drittens — ein interessantes Problem aufgreifen, bei dem es um merkwür-

dige Effekte beim Durchtritt vom Laserlicht durch eine Flüssigkeit geht, in der winzige Kügelchen in der Schwebe gehalten werden.

Schneller als mir lieb sein konnte, waren diese Vorsätze Makulatur: Unser Zugang zu den *persistent currents* erwies sich als aufwendiger, interessanter und vor allem ausbaufähiger als geplant und vorausgesehen. Worum geht es nun bei diesem Projekt? Wenn man einen metallenen Ring (z. B. aus Kupfer oder aus Gold) mit einem Durchmesser von $1\mu\text{m}$ auf 0.1 K , also fast auf den absoluten Nullpunkt der Temperaturskala, abkühlt, dann herrschen in diesem Ring ganz besondere Bedingungen. Das Gitter der Gold- bzw. Kupferatome befindet sich nun praktisch in Ruhe, so daß die Elektronen nur an Gitterfehlstellen und nicht an Gitterschwingungen (Phononen) gestreut werden. Die Streuung an Gitterfehlstellen zeichnet sich dadurch aus, daß die Elektronen ihre Bewegungsrichtung, jedoch nicht ihre Geschwindigkeit ändern. Es wird nur Impuls vom Gitter auf das Elektron übertragen und keine Energie. Infolgedessen bleiben die Elektronen kohärent und können — ganz ähnlich wie beispielsweise Licht- oder Wasserwellen — miteinander interferieren, obwohl sie vielfach gestreut werden. Systeme, in denen diese besonderen Bedingungen realisiert sind, nennt man „mesoskopisch“.

Wird ein isolierter mesoskopischer Ring in ein statisches, homogenes Magnetfeld gebracht, so läßt sich ein permanenter, zeitlich nicht abklingender elektrischer Strom um die Ringöffnung nachweisen. Dieser *persistent current* ist eine Gleichgewichtseigenschaft des Rings und kein durch Einwirkung von außen induziertes Phänomen. Seit 1990 ist es zwei verschiedenen Arbeitsgruppen (bei AT&T und IBM) gelungen, den *persistent current* nachzuweisen und seine Amplitude zu bestimmen. Überraschenderweise übertreffen diese Meßwerte die theoretischen Voraussagen um bis zu drei Größenordnungen. Eine Ursache dieser höchst unbefriedigenden Diskrepanz besteht möglicherweise in der Vernachlässigung der Wechselwirkung der Elektronen untereinander. Leider erhöht die Berücksichtigung der Elektron-Elektron Wechselwirkung den Schwierigkeitsgrad des Problems beträchtlich. In Ermangelung exakter, analytischer Methoden mußten Hans Weidenmüller und ich auf eine Kombination von analytischen Argumenten und numerischen Simulationen zurückgreifen. Wir glauben, mit unseren Arbeiten zum ersten Mal überzeugend dargelegt zu haben, daß und warum die Wechselwirkung der Elektronen untereinander für das Verständnis der *persistent currents* wesentlich ist. Obwohl uns quantitative Aussagen nur in gewissen Spezialfällen möglich sind, scheint der Widerspruch zwischen Theorie und Experiment doch weitgehend aufgelöst zu sein. Dieser Fortschritt wurde nicht zuletzt durch die ansehnliche Rechenkapazität im Wissenschaftskolleg ermöglicht. Nur in wenigen physikalischen Instituten wäre die

zeitweilig erforderliche Inanspruchnahme von drei ausgewachsenen *Workstations* geduldet worden.

Auch die zweite Hälfte meines Aufenthalts im Wissenschaftskolleg verlief unprogrammgemäß. Verantwortlich hierfür zeichnete neben Alexander D. Mirlin, einem der fürwahr zahlreichen Gäste der Physikergruppe, ein anonymer Fellow. Im Verlauf einer diffizilen Passage im Kolloquium dieses Ungenannten kam Alexander Mirlin und mir die entscheidende Idee zur Lösung des folgenden Problems.

Man betrachte ein mesoskopisches System in Gestalt eines kleinen, metallischen Drahts, das an beiden Enden über zwei Kontakte an die Außenwelt (etwa das Meßgerät eines Experimentators) angeschlossen ist. Das Interesse gilt dem Leitwert, also einer Transporteigenschaft, der mesoskopischen Probe. Da die Elektronen, die den Draht durchwandern, wie geschildert an Gitterfehlstellen gestreut werden, hängt der Leitwert von der detaillierten Verteilung dieser Fehlstellen ab, so daß eine theoretische Analyse des Einzelfalles hoffnungslos erscheint. Der Ausweg besteht darin, ein ganzes Ensemble von Verteilungen zu betrachten und gezielt statistische Maße (also z. B. Mittelwert und Varianz) des entsprechenden Ensembles von Leitwerten zu berechnen. Verlängert man in Gedanken den mesoskopischen Draht über die sogenannte Lokalisierungslänge hinaus, ändert sich das Verhalten des Systems qualitativ: Die Elektronen verlieren die Fähigkeit, den Draht zu durchqueren und verharren in einem Bereich, dessen Ausdehnung durch die Lokalisierungslängen gegeben ist. Folglich erwartet man, daß der mittlere Leitwert auf Null sinkt. Martin Zirnbauer ist es gelungen, mit Hilfe aufwendiger analytischer Techniken den mittleren Leitwert als Funktion der Systemlänge zu berechnen. Unser Problem bestand darin, diesen Ansatz auf die in mancher Hinsicht interessantere Varianz des Leitwerts zu übertragen.

In einer gemeinsamen Anstrengung konnten Alexander Mirlin, Martin Zirnbauer und ich diese Aufgabe vollständig lösen. Insbesondere konnten wir ein spektakuläres Ergebnis der vorangegangenen Berechnung des mittleren Leitwerts bestätigen: Unter gewissen Umständen bleibt das mesoskopische System entgegen allen Erwartungen der Fachwelt schwach leitend.

Das gründliche Scheitern ursprünglicher Forschungspläne blieb keineswegs der einzige Rückschlag im vergangenen Jahr. Bei einigen Vorhaben hatte ich mich übernommen, ein Unternehmen erwies sich als weniger vielversprechend als erhofft, und die ein oder andere Zusammenarbeit nahm aus Zeitmangel nie wirklich Gestalt an. Das hindert mich nicht daran, ein rundum positives Fazit zu ziehen:

Vermutlich nie wieder werde ich mit so vielen Großen meines Faches über so lange Zeit so eng und unter so vorzüglichen Bedingungen zusam-

menarbeiten können. Dies und der ausgleichende Einfluß vieler außerfachlicher Diskussionen unter den Fellows führte nicht nur zu vier Publikationen zu den beschriebenen Projekten, sondern — mindestens ebenso wichtig — zu einer ganzen Reihe weiterführender Ideen. Ich bin zuversichtlich, einige davon in meiner Zeit an der Universität von Toronto umsetzen zu können.

Gil G. Noam

Life History and Transformation



Born in Tel Aviv, April 25, 1950. Studies in clinical and developmental psychology at the Freie Universität, Berlin (*Diplompsychologe*) and Harvard University (doctorate). Psychoanalytic psychotherapy training at Harvard Medical School. Habilitation in psychology at the University of Fribourg, Switzerland. Associate professor of psychology/psychiatry and education, Harvard University. Director of the Hall-Mercer Laboratory of Developmental Psychology and Developmental Psychopathology at Harvard Medical School and McLean Hospital. His work focuses on longitudinal research, life history theory and a new area of specialization, clinical-developmental psychology. Book publications: *Developmental Approaches to the Self* (with Ben Lee) and *Adolescents and Their Families: Paths of Development* (with S. Hauser and S. Powers). — Address: Department of Human Development and Psychology, Harvard University, Larsen Hall 421, Appian Way, Cambridge, MA 02138, USA.

I came to the Wissenschaftskolleg highly focused with specific goals, set deadlines, and fairly fixed notions of what I would write. Within the space of a month, I was immersed in the world of the Kolleg; e.g. dialogues and study groups with Fellows that went beyond traditional disciplinary boundaries; unparalleled ease of access to knowledge and culture; and always Berlin, unique, vibrant city of a thousand faces.

These experiences of this world did not change the essential direction of my work but they deepened it and added dimensions I might never have discovered. Through the particular form of intellectual exploration afforded by the Wissenschaftskolleg, where I could pursue any tour and detour of thought, the time in Berlin became a reference point for years to come.

My work centered around three related projects. First, I co-edited a book entitled *The Moral Self*, which represents a much needed dialogue between psychologists, sociologists and philosophers. This book was published with astonishing speed by MIT Press and appeared during my stay at the Wissenschaftskolleg. Next, I set out to work on my main project, a

book for Harvard University Press, with the working title of "Biography and Transformation." In this book I use constructivist and interactionist perspective to discuss fundamental changes in academic developmental psychology and psychoanalysis. Building on two earlier papers ("Beyond Freud and Piaget: Internal Worlds-Interpersonal Self" and "Normative Vulnerabilities of the Self"), I introduce evidence against the traditional interpretation that psychopathology is necessarily a product of early developmental delay, arrest, or fixation. Rather, cognitive research from my Harvard Lab suggests that many forms of psychopathology are products of great complexity that emerge at later points in the life course.

By taking a lifespan-developmental perspective on risk and vulnerability, I am required to confront two related issues. 1. Within the context of cognitive and emotional development, how do symptoms and problems develop over time and in what ways do they become more complex? 2. What transition points in normal development allow the person to take a new perspective on old problems and to experiment with new growth-promoting interaction patterns? The book shows that life-span developmental research and cognitive studies provide critical clues into how psychopathology, but also resiliency develop. Equally importantly, the book charts how views of ones own biography become reshaped throughout life. Examples from literature such as Franz Kafka's and Virginia Woolf's writings; clinical cases and in-depth interviews from research are used to explore this tension between repetition in the life cycle and the transformational capacities that emerge in human development.

In a third project I analyzed and published cross-sectional and longitudinal data from clinical-developmental studies my associates and I have conducted over the past decade. Following at-risk youth into adulthood, I made great progress during the time in Berlin in understanding what factors differentiate those youth who overcome their severe problems (mostly delinquency, violence, depression, and/or suicidality) from those who continue on dysfunctional pathways. The findings support the hypothesis that formal treatment provides only a small aspect of recovery and that new meaning systems as well as intense relationships in everyday life represent key curative factors.

Besides a productive work life, there were many important moments and experiences that I can only try to capture in telegraphic form: The interactions: never-ending, never-repeatable conversations with colleagues some of whom became true friends; long Thursday night dinners that were more informative and creative than any formal learning context I have participated in for a long time. The beautiful setting. Often new ideas came sitting on the bench by the lake reading! Weekend travels through East Germany following Fontane's lead.

The language: German is my mother tongue but English has become my scientific and professional language. In Berlin I began to recapture my language and often began to think in German, even as I was writing English texts. Our two sons, Benjamin and David (six and three years old) learned a great deal of German and we work hard daily to keep it alive for them. The Family: The Wissenschaftskolleg and its Mitarbeiter could not have made families feel more welcome. My wife, Maryanne Wolf, a Fulbright Fellow at the Max-Planck-Institute for Human Development and Education participated in many of the scientific and cultural activities of the Kolleg. Further her Berlin research project is now completed and has begun to challenge current thinking on childhood dyslexia. Professional contacts: I gave talks at the Humboldt University, at the University of Fribourg in Switzerland, the Maximilian University in Munich, cooperated with the Max-Planck-Institute for Human Development and Education, worked with the Suhrkamp Verlag on a book series, and avoided leaving the Wissenschaftskolleg as much as possible.

It was, indeed, an extraordinary time!

Hans G. Nutzinger

Nachhaltigkeit — mehr als ein Schlagwort?



Geboren 1945 in Hauingen im Wiesental (Baden). Studium der Volkswirtschaftslehre, der Geschichte, der Politikwissenschaft und der Mathematik an der Universität Heidelberg. Diplom in Volkswirtschaftslehre 1968, Promotion zum Dr. rer. pol. 1973, Habilitation 1976. Seit 1978 Professor für Volkswirtschaftslehre (Fachgebiet: Theorie öffentlicher und privater Unternehmen) an der Universität-Gesamthochschule Kassel. Gastprofessuren an den Universitäten Bielefeld (1977), Wien (1978/79 und 1981/82) und Hamburg (1980). Buch- und Aufsatzpublikationen in folgenden Arbeitsschwerpunkten: Ökonomische Theorie der Partizipation, Volkswirtschaftliche Theorie der Unternehmung, soziale Beziehungen im Unternehmensbereich und in nicht-erwerbswirtschaftlichen Organisationen, Wirtschafts- und Unternehmensethik, Dogmengeschichte (insbesondere Smith, Marx und Mill); Ökonomische Instrumente der Umweltpolitik und Ökologische Ökonomie. — Adresse: Universität-Gesamthochschule Kassel, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Nora-Platiel-Str. 4, D-34109 Kassel.

Zehn Monate sind viel schneller vorbei, als man sich am Anfang dieser Zeit vorstellt — diese Erfahrung, die wohl jeder Fellow macht, blieb auch mir nicht erspart. Gleichwohl konnte ich in der angenehmen Arbeitsatmosphäre des Wissenschaftskollegs eine ganze Reihe von Manuskripten fertigstellen und einige neue Arbeiten in Angriff nehmen, wenn auch noch nicht zum Abschluß bringen.

Meine Studien am Wissenschaftskolleg waren vor allem auf den Problemkreis „Ökologische Ökonomie“ und dabei insbesondere auf die Frage der „Nachhaltigkeit/sustainability“ gerichtet, jenen Problemkreis, dem ich auch mein Dienstags-Colloquium gewidmet habe. Dabei bestätigte sich meine Vermutung, daß das vielzitierte Schlagwort vom „sustainable development“ bzw. von der „nachhaltigen Entwicklung“ (andere deutsche Begriffsbildungen sind *dauerhafte Entwicklung*, *(langfristige oder ökologisch) tragfähige Entwicklung* und *zukunftsfähige* oder *zu-*

kunftsoffene Entwicklung) als ernstzunehmendes Konzept weitaus anspruchsvoller ist, als es vielen Wissenschaftlern und nahezu allen Politikern bewußt ist, die in den letzten Jahren mit diesem Begriff operiert haben. Die Herkunft dieses Begriffs aus der Forstwirtschaft verweist schon auf drei strukturelle Probleme und Anforderungen, die mit diesem Konzept verbunden sind:

— Das Konzept der Nachhaltigkeit bezieht sich zunächst auf *erneuerbare (nachwachsende)* Ressourcen und kann daher in unmodifizierter Form gar nicht auf wirtschaftliche Zusammenhänge übertragen werden, in denen *erschöpfbare Ressourcen* zentrale Voraussetzungen für die Produktions- und Konsumstrukturen darstellen. Nur durch Möglichkeiten der Substitution (nicht erneuerbarer durch erneuerbare Ressourcen und von knapp werdenden durch reichlich vorhandene erschöpfliche Ressourcen) sowie vor allem durch technischen Fortschritt und Innovation (Erhöhung der Effizienz beim Einsatz erschöpflicher Ressourcen) werden bestimmte Freiräume geschaffen, die eine modifizierte Anwendung des Nachhaltigkeitskonzepts überhaupt erst erlauben.

Darüber hinaus ergeben sich Probleme daraus, daß der Nachhaltigkeitsbegriff ursprünglich für begrenzte wirtschaftliche Aktivitäten (wie die Forstwirtschaft) entwickelt wurde; dieses Konzept verliert viel von seiner intuitiven Einprägsamkeit und seiner wissenschaftlichen Prägnanz, wenn man es auf ganze Industriesysteme und häufig sogar auf globale wirtschaftliche Zusammenhänge anwendet. Hier besitzt das Nachhaltigkeitskonzept derzeit vorwiegend eine kritische Funktion, die eher bestimmte Handlungen ausschließt als positiv bestimmte Maßnahmen konkret gebieten kann. Selbstverständlich läßt sich damit gleichwohl eine *allgemeine* Richtung — wie verringerte Abhängigkeit von erschöpflichen Ressourcen, Erhaltung globaler ökologischer Systeme, Begrenzung des traditionellen Wachstums — angeben.

— Die Umsetzung des Nachhaltigkeitskonzepts am Beispiel der Energieversorgung zeigt nun sehr konkret, wie anspruchsvoll dieses Konzept bei dem Versuch seiner praktischen Umsetzung ist. Selbst unter günstigsten Annahmen (wie der einer erfolgreichen Begrenzung des Bevölkerungswachstums) würde es u. a. eine Steigerung der Energieeffizienz um mindestens das Vierfache weltweit erfordern — ein Anspruch, der in der Tat als „Effizienzrevolution“ bezeichnet werden kann, deren Umsetzungschancen aber in kurzer Frist aus einer Vielzahl von Gründen als eher unwahrscheinlich einzuschätzen sind.

Im Kontext dieser Überlegungen wurden zwei längere Beiträge fertiggestellt, davon einer über „Ökologische Ökonomie“ in englisch für eine vergleichende deutsch japanische Studie und der andere über „Langzeit-

verantwortung im Umweltstaat aus ökonomischer Sicht" für eine Publikation der Gottlieb-Daimler- und Karl-Benz-Stiftung in Ladenburg.

Zwei weitere Publikationen in diesem Themenbereich sind hier am Wissenschaftskolleg in Angriff genommen worden: zum einen eine gemeinsam mit einem Frankfurter Kollegen, (Prof. Dr. Heinz Frisch) durchgeführte Studie, die die Frage der Nachhaltigkeit am Beispiel der Energieversorgung praktisch überprüft und umzusetzen versucht, und zum anderen ein interdisziplinärer Sammelband zur Frage der Nachhaltigkeit aus der Sicht verschiedener Wissenschaften und Wissenschaftler, der aus zwei informellen Workshops am Wissenschaftskolleg (im Mai und im Juli 1993) hervorgehen soll.

Welche Konsequenzen das Konzept der Nachhaltigkeit für den deutsch-deutschen Einigungsprozeß haben kann, dieser Frage sind wir in einem von mir mitvorbereiteten und mitdurchgeführten Workshop an der ehemaligen Akademie der Wissenschaften in Berlin vom 14./15. Mai 1993, der vom Wissenschaftskolleg unterstützt wurde, sowohl in regionaler als auch in sektoraler und globaler Perspektive nachgegangen; hierzu enthält dieses Jahrbuch einen gesonderten Bericht (vergleiche unten S. 143 —146). Voraussichtlich im Januar 1994 werden die Ergebnisse dieses Arbeitstreffens im Metropolis-Verlag in Buchform erscheinen.

Weitere Schwerpunkte meiner Arbeit am Wissenschaftskolleg bildeten die Fragen der Wirtschafts- und Unternehmensethik, zum einen bedingt durch meine aktive Mitarbeit im Ausschuß „Wirtschaftswissenschaft und Ethik" im *Verein für Socialpolitik*, zum anderen durch ein von mir geleitetes empirisches Forschungsprojekt zur vergleichenden Unternehmenskultur. In diesem Zusammenhang entstand ein Beitrag zu Grundsatzproblemen der Wirtschaftsethik, der voraussichtlich im Frühjahr 1994 in der Zeitschrift „Ethik und Sozialwissenschaften" erscheint. Die Publikation der Ergebnisse des empirischen Forschungsprojekts ist für den Herbst 1994 vorgesehen.

Neben diesen Arbeiten im engeren Forschungsgebiet bot mir der Aufenthalt am Wissenschaftskolleg Gelegenheit zu einem großen und diversifizierten Lektürepensum, zu zahlreichen Rezensionen und insbesondere zu vielen anregenden Gesprächen mit den Fellows vieler Disziplinen, vor allem aus den Rechts- und Sozialwissenschaften, der Psychologie, der theoretischen Biologie und den Sprachwissenschaften. Erst der Aufenthalt am Kolleg hat mir klargemacht, wie stark der alltägliche Universitätsbetrieb auch die Perspektive der Hochschullehrer und Hochschullehrerinnen zu verengen trachtet. Das Wissenschaftskolleg ist ein willkommenes „Gegengift" gegen diese „Herrschaft des Alltäglichen".

Waleri Ogorodnikow

Der Goldene Schnitt oder *A realibus ad realiora, per realia ad realiora*



Geboren (1951) und aufgewachsen in der Nähe von Swerdlowsk, wo er auch das Polytechnikum (Fakultät Chemische Technologie) besuchte. Nach einem Jahr Berufspraxis als Chemie-Ingenieur begann er als Regieassistent im Filmstudio Swerdlowsk zu arbeiten, schrieb sich dann an der Moskauer Filmhochschule, Abteilung Regie, ein. 1984 schloß er ab mit dem Kurzfilm *Ich kann nicht pünktlich sein*. Mit seinen drei seither gedrehten abendfüllenden Filmen *Einbrecher*, *Prischwins Papieraugen* und *Seltsam im Nebel zu wandern* hat er mehrere internationale Preise und Auszeichnungen gewonnen. — Adresse: Sadovaja ul. 65/51, St. Petersburg 190068, Rußland.

So fing alles an: Meine Mutter starb, danach meine Großmutter. Es sah so aus, als sei das Leben erstarrt. Mein Lebensrhythmus am Wissenschaftskolleg jedenfalls war zerbrochen. Eigentlich habe ich diese ganze Zeit in der Luft zugebracht, zwischen Berlin und dem Ural, wo meine Verwandten beerdigt wurden. Ich habe versucht, meinen Vater und meinen jüngeren Bruder zu unterstützen. Die Aufmerksamkeit und die Geduld der anderen Fellows und der Leitung des Wissenschaftskollegs haben mir geholfen, diese schwere Zeit durchzustehen, Gott sei Dank.

Dabei sollte mein Aufenthalt im Wissenschaftskolleg doch ursprünglich (Ironie des Schicksals!) einer Synthese von „Spiel und Leben“ gewidmet sein. Immerhin habe ich die Bearbeitung eines Theaterstücks für die Berliner Schaubühne (zugleich das Drehbuch für einen Film) nach Motiven von Nabokows Romanen *Einladung zur Enthauptung*, *Die Mutprobe* und seiner Autobiographie *Sprich, Erinnerung, sprich* abgeschlossen. Es handelt sich um eine Zirkusveranstaltung im Genre der „tragischen Metapher“ (mit verpflichtender *decapitazione in fine*). Dieser Entwurf setzt „die Suche nach der verlorenen mythologischen Zeit“ in verschiedenen Zeitzyklen fort. Diese Suche nach relativ absoluter Realität definiere ich als „Prinzip des Goldenen Schnitts“. Es ist die Resultante aus Musik, Architektur, Psychologie, Philosophie, Ökonomie, Geschichte, Bioenergetik, Thermodynamik, Wahrscheinlichkeitstheorie und, letztlich, Leben

und Tod. Ideales Beispiel dieser Regel ist *Die göttliche Komödie* von Dante mit ihren vier Dimensionen: der allegorischen, anagogischen, phantastischen und realen.

Der Goldene Schnitt bezeichnet als eine universale Formel alle Schichten des menschlichen Lebens, die sogenannte „Humanosphäre“ oder, nach Professor Wernadski, die „Biosphäre“ oder „Magnetosphäre“.

Meine Überlegungen zum Goldenen Schnitt gehen zurück auf die 70er Jahre, als ich in Swerdlowsk (Jekaterinenburg) an der Polytechnischen Hochschule Chemie studierte. Neben der Bearbeitung natürlicher Festbrennstoffe hatten wir die Aufgabe, eine neue Sorte künstlichen Heizmaterials zu erzeugen, zur zukünftigen Verwendung in der Raumfahrt, bei der Besiedlung anderer Planeten und der Wiedererweckung unserer Ahnen aus ihren sterblichen Überresten. Dies wird möglich werden, sobald die Wissenschaft imstande ist, die Prozesse der Wechselwirkung zwischen Leben und Tod zu leiten, die Probleme der Unsterblichkeit *a priori* positiv zu entscheiden und vor allem den religiösen Sinn der Unsterblichkeit, der Buße, der Sündhaftigkeit zu lösen.

Unsterblichkeit ist ein Schwerpunkt des Goldenen Schnitts. Unsterblichkeit ist ein magischer Kristall, in dem Unverbundenes miteinander verbunden ist:

- Die Ehrfurcht vor dem Leben* Albert Schweitzers und der zweite Teil des Wohltemperierten Klaviers von Johann Sebastian Bach;
- die Fibonacci-Zahlen und die Farbenlehre Goethes;
- Rilkes Briefe an die Fürstin Boromina und die Entdeckung des Wasserstoffs;
- die Große Depression und Schönbergs Theorie der atonalen Musik;
- das Schwarze Quadrat von Malewitsch und Kants „Ding an sich“;
- King Lear* und Bonhoeffers „Gott ist tot, es lebe Gott!“;
- die Psychoanalyse und die Einsamkeit Kierkegaards;
- die Katechese des Revolutionärs (oder Anarchisten) Netschajew und der Stress der Tiere in der Wüste Kalahari;
- das Verschwinden von Atlantis und die Krönung von Prinz Charles;
- das Schachmatt Salvao-Silberschmidts im Königsgambit und das kollektive Unbewußte C. G. Jungs;
- das „Ich stehe hier und kann nicht anders“ und die Erfindung der Dampfmaschine;
- Thomas Morus' *Utopia* und Skrjabins Farbenmusik;
- die Liebe und der zweite Kreis bei Dante;
- cosecm (russisch: ‚Gewissen‘) und das Gewissen.

Ergo: Die Entscheidung des Problems des Goldenen Schnitts — das ist eigentlich eine Entscheidung des Problems der Wiederkunft des Herrn als

Botschaft vom Ende der Welt, nämlich „das Ende des Todes“ — die letzten Worte von Iwan Iljitsch bei Leo Tolstoj ...

Übrigens: „*Dominus, non sum dignus*“.

Luisa Passerini

A Limited Regression



Born 1941 in Asti, Italy. 1965 Laurea in Filosofia e Storia, University of Turin; 1968-69 researches at the Universities of Dar es Salaam, Tanzania, and Lusaka, Zambia; 1969-73 high school teacher; 1974-84 assistant professor of Contemporary History, University of Turin; from 1984 associate professor of Metodologia della ricerca storica, University of Turin. She has worked in the fields of cultural history, history of social movements (African liberation movements, women's and student's movements), methods of history and social sciences. Since 1976, a major centre of her researches has been oral and written memory, that she has examined in connection with Italian Fascism (and recently with the question of totalitarianism on a European scale) and with reference to the memory of 1968 and neofeminism. In this latter perspective she has written a collective autobiography, *Autoritratto di gruppo*, a narrative combining her own memory and the testimonies of her contemporaries, from which a theatre-play has been produced by the "Teatro Fabbri-conc" of Prato. Publications on the history of Fascism: *Fascism in Popular Memory*, Cambridge 1987; *Mussolini immaginario*, Rome 1991; *Memory and totalitarianism* (editor), Oxford 1992. On methodology: *Storia e soggettività. Le fonti orali, la memoria*, Firenze 1988; *Stork di donne e femministe*, Torino 1991. — Address: Via Piazza 32, I-10129 Torino.

Just before leaving for the Wissenschaftskolleg I read *Paris-Berlin* by Gombrowicz and found myself totally out of touch with the images and atmosphere it presented of Berlin. I resented the insistence on "old ghosts" of memory in Berlin and felt rather inclined to consider that city as the site of new beginnings, the symbol of a reunited Europe on a collective side, and more modestly as a place where a new phase of my life could start. In the previous years I had been running and rushing, writing and teaching, travelling and giving talks, participating in conferences, presentations, et cetera. Now all that hurry and accent on productivity had to stop: I was to start anew, reading and meditating, reducing the public talks, recuper-

ating what had been overlooked for the compression of too many things. I was also to engage in a totally new project, concerning the history of the love-discourse in a European perspective. This was a long-postponed project, concerning a theme that I had already investigated in my free time, but never fully taken up. Finally, I was going to learn German, an idea I had cherished since adolescence, that I had tried at least ten times to put into practice, but that the more frequent occasions to practice English and French had always pushed back to the stage of wishful thinking.

A suddenly quiet life in beautiful surroundings, among lakes and trees, with a perfect library service and many other advantages, is very hard to take. The change of rhythm is enormous and one cannot, in the end, ignore too many things. It quickly became clear that Gombrowicz's impression was right, although it had to be brought up to date. Berlin is still a city of ghosts, that in fact have become even more numerous and perplexing. One of their favourite sites appears to be the area where the Martin-Gropius-Bau, the Gestapo building's ruin, the newly restored local Parliament and some pieces of the Wall, plus a postmodern house by Aldo Rossi, all lie within a few dozens of meters from one another. If this place was particularly filled with memories of all sorts, Grunewald also had many echoes to be listened to. Living in that particular borough of Berlin — apparently secluded — proved to be a double experience. Firstly of privilege, that in a town exposing so many problems of relationships between East and West, evidenced to me the feeling of Europe as a besieged fortress. But also of anxiety and almost anguish, because of the memory that this place fosters, of what Grunewald once was — so well described in Nicolaus Sombart's autobiography — and no longer is, as the abandoned area where Walter Benjamin's house was on Delbrückstraße reminds the passers by.

Rather than to a flamboyant new start, the setting proved favourable to regression. Dreams showed that the process was under way within myself, presenting many images of people who had died a long time ago. Given my profession and my state of mind, going back took place both in individual terms, referred to my own life, and in historical ones, concerning the past and the memory of Europe. I thought I had already settled my score with both, through a psychoanalytical experience and through my work with the oral history of Fascism, but evidently there was something more for me to understand or simply to accept.

Regression means that one has to start from the beginning — in language, in research, in daily life - prepared to give up being a specialist and to be ready to "invent the umbrella", at times with some enjoyment. So it happened with that part of the regression which stemmed from my ignorance of German: for instance the learning of the language meant that our

German class, composed of three, had a good time reading children's books, fairy tales, cartoons. But I also felt pushed to substitute words with music and images, provided by Berlin's galleries and concerts. These other types of communication accumulated to fill the void left by the abrupt stop of previous incessant activity — not without disconcert. Certainly music and art cannot be considered a regression in a strict sense, but it was for me to be left speechless. In such a situation the influence of spectacles and shows was great: not only a pleasure and an exercise in taste, but also a different language from the use of words that had always been my privileged form of communication. To a certain degree all these images and sounds reduced the importance of dreams, but I have the impression that they constituted a reservoir that will produce something at a later stage.

The study of courtly love led me through agonies of various kinds, like crossing the chronological boundaries from modern to medieval history, and giving me ground for reflection on the rigid limits of our competences — often justified and yet to be challenged. That was very difficult, although fascinating: plunging into hundreds of books and journals, every day finding something new for myself and yet despairing of finding anything new in a more objective sense.

I felt like a fish out of its usual water, that enjoys enormously but is also scared of swimming in a new liquid. I was glad to find a more amenable route when I moved from a direct approach concerning love in Provence to investigation of the relationship between European identity and courtly love, following the claim that there was a uniquely European way of loving. Studying this claim in the period from the early 19th century to the first half of our century brought the research closer to my competences. The regression involved in supposing that one can do anything one thinks of, gave way to a more realistic outlook. However, it left something of the grandiose hopes of childhood and adolescence, that otherwise would have been lost.

The Kolleg was particularly apt for this type of enterprise: in the sense that it encouraged me upon a way that anybody supporting an economic use of previous competences would have disapproved (and actually did disapprove, as the faces of most of my fellow-historians outside of the Kolleg showed when I tried to reply to their question on what was I doing in Berlin). But also in the sense that the effort to understand what a European identity had meant and might mean could not be better placed. The flow of scholars and artists coming through made the question of how a European identity can exist without establishing hierarchies, rather exchanges, with the rest of the world unavoidable; the very form of existence of the Kolleg — to be a centre without claiming a superiority as such — suggested some reflections in that direction. (Reading certain novels, like

Anita Desai's *Baumgarten's Bombay* — where the memory of a childhood in Berlin, with German nursery rhymes and Sunday excursions to Grunewald, is evoked from India — helped to decentralize the idea of centre). Finally, the place provided a setting comparable, with some imagination, to one of the small communities where European courtly love had been born: I could now see from daily experience that in such situations (good) manners are absolutely indispensable, and courtly love is an extreme form of manners, a very artificial and refined form of expression. This is not to deny that deep friendships and good relationships can develop at the Wissenschaftskolleg, but they do so in a peculiar form, comparable to the mixture of artificial and spontaneous attitudes that characterizes a psychoanalytical setting.

Regression in fact has a social side and a psychic one. It involves becoming a group of school children again, at least on some occasions, displaying dependence and putting forward queries of all sorts (as Barbara Sanders and Monika Fogt among others must know). But we seemed not to be the best class the Wissenschaftskolleg had ever had: we did not immediately socialize and, compared with the previous year's fellows, who had left among the staff an oral tradition about their customs, we were shy, reserved, individualistic, less brilliant and altogether less fun. The unspoken competition between years was not in our favour, and it took some months to develop an *esprit de corps*, that however — we boasted after reading last year's yearbook — was wider and more democratic and more self-ironical than theirs. A high point in this development was probably the carnival party, also because it took place in a central part of the year, after a period of collective tension and some aggressiveness displayed in the colloquia. The fact of disguising ourselves and making fun of our own images was somehow crucial to relating to each other, and to making the mood of self-irony a continuing one.

In spite of the development of a sense of collective fate, some of the best experiences for me were made in small groups that could not be imagined anywhere else, like the poetry group that met in the long winter evenings to read poems in different languages, or the reading group that started reading *Cinderella* and through Kafka and Benjamin arrived at Lacan and Kleist. These were encounters of five to six people, who found the time and quietness necessary for this sort of thing, in spite of the many outside engagements that everybody developed after the first weeks. A more public group was the women's one. The four of us met and had meals together just for the sake of meeting, but out of this the initiative grew of organizing a women's forum on the question of relationships between east and west. We invited women from Berlin to two seminars where they told us about women's conditions after reunification and discussed problems of com-

munication, of employment, of gender relations. We felt that it was important for us and for them to populate a male institution like the Kolleg with audiences that were in the majority female.

Meanwhile I was gradually growing up again and recovering my actual age. The German lessons included by now reading all sorts of texts; a climate that could be defined as spring-summer had come; the theatre season was drawing to an end. The tree of knowledge had displayed itself, at least to some extent, in front of our eyes, with all its chanciness and idiosyncrasies partially due to individual choices, partially dictated by a wider logic and sometimes lack of logic. I was contented to perceive that I occupied a small point in its labyrinthic structure, in a balance of relevance and irrelevance required to come to terms with the narcissism indispensable to intellectual work, without taking it (the narcissism) too seriously. My suggestion for the future is that the year at the Wissenschaftskolleg should start in the spring and end up for Christmas, with the Carnival party on midsummer night.

Peter E. Quint

Constitutional Problems of German Unification



Born in 1940 in Detroit (Michigan), studied history and literature of England at Harvard College (A. B. 1961), and law at Harvard Law School (LL. B. 1964) and Oxford (Diploma of Law 1965). After law practice and teaching in Detroit and practice in New York, joined the faculty of University of Maryland School of Law in 1972 as Associate Professor; Professor of Law, 1976; Jacob A. France Professor of Constitutional Law, 1993. Major areas of interest: freedom of expression, separation of powers in American Constitutional Law; freedom of expression, unification problems in German Constitutional Law. — Address: University of Maryland, School of Law, 500 West Baltimore St., Baltimore, MA 21201, USA.

Over the previous three years I had observed the process of German unification — and its complicated and in many cases unsatisfying results — with considerable fascination, and so it was a great pleasure to spend a year at the Wissenschaftskolleg working on a book on the constitutional problems of unification. Berlin was, of course, a marvellous location for this project. Many of the participants in the events of 1989/90 were still living in Berlin or in the vicinity, and many of the important agencies of the post-unification period — such as the *Treuhandanstalt* and the *Gauck-Behörde* — were located here also. So it was possible to supplement work on written sources with conversations or interviews with people who had some unique historical knowledge or present expertise. For example, it was possible to have interesting interviews with historical figures of the period, such as Lothar de Maizière, first and last democratically elected *Ministerpräsident* of the GDR, and Peter Michael Diestel, *Innenminister* under de Maizière. It was also illuminating to talk to individuals whose lives were deeply affected by the events and constitutional decisions of that period: GDR researchers and professors whose careers were cut short by unification, former GDR judges who also faced new career choices, psychologists from East Berlin who found that their young patients faced a new set of emotional problems arising from unification. There were also

very useful talks with officials in Berlin and in Brandenburg and some of the other eastern *Länder* about new state constitutions and the manner in which various statutes and other legal regulations following unification were actually being enforced. But the interviews, fascinating as they were, could only be a secondary part of a study in constitutional law and politics which must rely primarily on written sources. So I particularly tried to set aside long undisturbed days at the top of the Villa Walther devoted to untangling — or trying to untangle — the legal and constitutional problems of the period 1989 — 90 and its aftermath.

But, of course, one cannot live in Berlin without being impressed — maybe overwhelmed is a better word — by the quite extraordinary array of museums, concerts, theater, and lectures available here. Indeed, a certain amount of strategic planning is necessary because, without defensive measures, a good part of almost every day could probably be filled with cultural activities. In any event, I decided primarily to concentrate on the theater, because that was what seemed to me to be truly most unique in Berlin. But interestingly and somewhat unexpectedly, the theater also contained much that was relevant for my work. The Berlin theater, which has always been political, seemed fascinated with German unification and its resulting problems. On the East Berlin stage, for example, there were two post-unification dramas relating to the *Stasi*. Another genre of theater — represented most completely in the productions of Frank Castorf at the *Volksbühne*, but not only there — could be called "the bad dreams of the GDR". These were productions in which unresolved anxieties of the GDR past appeared in somewhat unexpected places. For example, in one production of a play that had nothing to do with the GDR, a sofa with a life-size model of Erich Honecker descended from the ceiling and remained on the stage for the rest of the performance, including curtain calls. In a gripping production of the "Tales of Hoffmann" at the *Komische Oper* in East Berlin, the famous barcarolle was not accompanied by a backdrop of sparkling waves, but rather by a polluted stream, complete with oil drum: eastern Germany of the *Wendezeit*. Excellent productions of works written in the late 1980s by GDR writer Heiner Müller (*Deutsches Theater*) and Volker Braun (*Maxim Gorki Theater*) showed what could be produced (and what could not be produced) on the East Berlin stage in the last days of the GDR. And, of course, Rolf Hochhuth's "Wessis in Weimar" provided the season's minor *succès de scandale*. In any case, this year afforded a unique chance to see a lot of German theater, both classic and contemporary.

But, of course, the true center of life during this year was the unique institution of the Wissenschaftskolleg itself and the group of Fellows assembled from many places and many disciplines. Lunches and the

memorable Thursday night dinners served as a backdrop for enormously varied personalities and styles in conversations that tied together a great variety of life histories and projects — not to mention a great variety of Berlin experiences, whether in Grunewald, Prenzlauer Berg, or Weissensee. Certainly, it is for all of these reasons — conversations and friendships, projects and work, and the exciting life of Berlin — that this year at the Wissenschaftskolleg will always have a very special place in my memory.

Key Salikhov

Chemical Reactions and Spin Dynamics



Born in 1936 in Bashkiria, USSR, studied physics at Kazan State University (Diploma 1959) and the Institute of High Molecular Compounds of the USSR (Ph. D. 1962). After working as a researcher at the Institute of Chemical Kinetics and Combustion in Novosibirsk, professor of physics in 1979 at Novosibirsk State University; moved to Kazan in 1988 and became Chair of the Chemical Physics department at Kazan State University as well as director of Zavoisky Physical-Technical Institute in Kazan. Lenin Prize winner (1986); member of the scientific council of the Russian Academy of Sciences on "Magnetism", the board of directors of the International EPR Society, and Conference Chair of the 1994 AMPERE meeting; editor and founder of the journal *Applied Magnetic Resonance*. Book publications include *Spin Polarization and Magnetic Effects in Radical Reactions* (co-authored with Yu. N. Mohn, R. Z. Sagdeev, A. I. Buchachenko) and *Spin Exchange* (co-authored with Yu. N. Mohn and K. I. Zamaraev). Major areas of interest: Theory of Chemical Reactions and Spin Effects, Magnetic Resonance and its Applications to the Field of Chemical Reactions. — Address: Kazan Physical-Technical Institute, Sibirsky trakt 10/7, Kazan, 420020, Tatarstan, Russia.

I came to the Wissenschaftskolleg with the idea and hope of writing two books: one had the working title *Magnetic Isotope Effect in Radical Reactions* and the other (to be co-authored by Yu. N. Molin) was to be on chemical reactions and spin coherence. From my stay in Berlin, I not last expected a lively and fruitful exchange with my colleagues at the Freie Universität Berlin (FU) from which my book projects would highly benefit. As one tends to think at the beginning that there is plenty of time to do everything, I enthusiastically joined the seminar of the Chaos Group and took part in their discussions, presenting a talk on spin and magnetic effects in chemical reactions. This talk and further discussions with my

colleagues at the FU set off an idea with which I became quite preoccupied for part of my stay. What if spin polarization patterns in solids could be created with a spatial design?

In the simplest case, spins on one surface of a solid could be polarized in one direction while spins on the other surface would be polarized oppositely. The algorithm for such spin polarization in solids with a spatial design is as follows: First, an ensemble of spins is prepared in a state with zero Zeeman energy but non-zero energy in the reservoir of spin-spin interactions. So far no space inhomogeneity occurs. Then, a linear gradient magnetic field is switched on and the spin-spin energy is converted to a spatial non-homogeneous ordering of spins with respect to the external field. I presented this idea in talks at the Wissenschaftskolleg, the FU Berlin, Stuttgart University, Zurich University, Washington University (St. Louis), Einstein College (New York) and at the 34th Experimental Nuclear Magnetic Resonance Conference in St. Louis, MO. The resulting paper will be published in *Chemical Physics*. While all this was not part of my original plan for my stay in Berlin, it nicely demonstrates the effect of the intellectually stimulating atmosphere at the Wissenschaftskolleg.

My other "detour" involved my collaboration with Yu. N. Molin. The Rector kindly invited my co-author from Novosibirsk to spend two months at the Wissenschaftskolleg. We intended to use this time for working on our book *Chemical Reactions and Spin Coherence* but — alas — plans changed once again. Although we started on the book and have written about half of what we were hoping to achieve, it is not finished yet and will probably need several months to be completed. However, Yu. N. Molin's stay at the Kolleg was highly productive in another area. Reading about some experimental results awakened our curiosity to theoretically consider the experimental data presented. As a result, we submitted two papers for publication in *Chemical Physics Letters* and the *Journal of Physical Chemistry*.

All went as planned with my book on the Magnetic Isotope Effect (MIE). *An Introduction to the Magnetic Isotope Effect in Radical Reactions* is ready for publication. Writing this book in Berlin, I was able to receive most appreciated comments and suggestions of Professor Dietmar Stehlik (FU Berlin). During the last two decades it was shown that not only the charges and the masses of nuclei but also their magnetic moments play an important role in the course of chemical reactions. The physical model is very simple: decomposition of molecules creates radical pair or biradical intermediate states. In these intermediate states the unpaired (valent) electron spins can either be in the singlet or in the triplet state which then influences the chemical reactivity of the intermediates. The Magnetic Isotope Effect originates from the fact that the hyperfine interaction of unre-

paired electrons with the magnetic moments of the nuclei causes singlet-triplet transitions in radical pairs and biradicals. As a result, the populations of the singlet and triplet states of radical pairs and biradicals depend on the isotope composition of radicals.

MIE can be exploited as a mechanistic probe for reactions, proceeding via the radical pair or biradical formation, as well as for isotope separation. The present book is a review of the state of affairs in this field of chemical physics. In it, I discuss the physical background (both theoretical and experimental) of MIE for radical reactions in solutions and the possible applications of MIE for solving problems of chemical kinetics. The book has a broader audience as it is intended for physicists, chemists and biologists studying photophysical and photochemical processes in condensed media, researchers in related fields of chemical physics and — nonetheless — postgraduates and senior undergraduate students.

Staying at the Wissenschaftskolleg also made it possible for me to start on a cooperative project with physicists at the FU Berlin (Dr. Martin Plato) and Odense University (Professor Boiden Pedersen). This project aims to elaborate Monte Carlo simulations of the dynamics of physical and chemical processes in micellar solutions. One further matter that has been a concern of mine is the present state of science and scientists in Russia. I was able to discuss current problems and perspectives with an interested and informed audience at the Wissenschaftskolleg as well as during my visits to Denmark, Switzerland and the US.

The Tuesday Colloquia were a fascinating experience for me as here academics from the most diverse disciplines came together to present (and discuss) their research. I found the idea of holding the interest of an audience so different from the usual conference or seminar attendants very challenging, and I hope that at least the title of my colloquium ("Minor Interactions with Major Consequences in Chemical Reactions") — which was also a product of my cooperation with Professor Klaus Möbius (FU Berlin) — demonstrates how I labored over this problem.

Finally, I wish to thank all those who made my stay so enjoyable. I had wonderful assistance from Kerstin Hoge and the secretariat, Dr. Hans-Georg Lindenberg and the computer services, in fact, from the whole staff at the Wissenschaftskolleg, including Technische Dienste and Hauswirtschaft. Last but not least I wish to thank Dr. Reinhart Meyer-Kalkus, Elke Rauschecker, Kerstin Hoge, and Felix Volck for their efforts in solving my visa problems.

Wolfgang Schluchter

Zwischen Aufbau Ost und Handlungstheorie



Geboren 1938 in Ludwigsburg. Studium der Soziologie, Politikwissenschaft, Wirtschaftswissenschaft und Philosophie an den Universitäten Stuttgart, Tübingen, München und an der FU Berlin. Diplom und Promotion an der FU Berlin, Habilitation an der Universität Mannheim. Zunächst Professor für Sozialwissenschaft an der Universität Düsseldorf (1973-76), dann Professor für Soziologie an der Universität Heidelberg (seit 1976); Gastprofessuren an folgenden Universitäten: Singapore, Pittsburgh, New School for Social Research in New York, University of California at Berkeley, Kyushu University in Fukuoka, Nankai University in Tianjin, Chinese University of Hong Kong, Turin, Leipzig. Mitglied der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. Bücher: *Entscheidung für den sozialen Rechtsstaat*, 1968, ²1983; *Aspekte bürokratischer Herrschaft*, 1972, ²1985; *Die Entwicklung des okzidentalen Rationalismus*, 1979; *Rationalismus der Weltbeherrschung*, 1980; *Religion und Lebensführung*, 2 Bände, 1988 und 1991; *Rationalism, Religion and Domination* 1989; Herausgeber von 6 Bänden über Max Webers Religionssoziologie; Mitherausgeber der Max Weber-Gesamtausgabe. – Adresse: Institut für Soziologie, Universität Heidelberg, Sandgasse 9, D-69117 Heidelberg.

Mein Jahr in Berlin wäre früher oder später noch fruchtbarer gewesen. Früher oder später hätte ich es vermutlich nicht in gleichem Umfang mit Pflichten außerhalb zu teilen gehabt.

Seit Frühjahr 1991 hatte ich mich am Um- und Neubau der Hochschulen in Ostdeutschland beteiligt. Die wichtigsten äußeren Stationen: Gründungsdekan für Soziologie und Politikwissenschaft an der Universität Leipzig, Mitglied der Hochschulstrukturkommission des Landes Sachsen-Anhalt, Mitglied der Außerordentlichen Berufungskommission Geisteswissenschaften an der Universität Halle-Wittenberg, Mitglied der Berufungskommission Sozialwissenschaften an der Universität Frankfurt/Oder. Ein Teil der daraus erwachsenen Pflichten waren bei Ankunft in

Berlin erfüllt, ein Teil aber forderte mich weiter. Von Oktober 1992 bis Juli 1993 nahm ich allein noch an zwölf Berufungsverfahren, davon an sieben als Vorsitzender, teil. Vor allem aber: Projekte, die ich 1991/92 abschließen wollte, waren liegengeblieben. Sie verlangten zunächst meine ganze Aufmerksamkeit. Ferner wollte ich meine ostdeutschen Erfahrungen reflektieren. Dies alles zog mich von meinem eigentlichen Kollegprojekt, der Arbeit an den Grundproblemen der Handlungstheorie, ab.

Tatsächlich verwandte ich zunächst viel Zeit darauf, Liegengebliebenes wieder aufzunehmen und meine ostdeutschen Erfahrungen niederzuschreiben. In diesen Zusammenhang gehören: Überarbeitung der Editorischen Berichte für den Band I/11 der Max Weber-Gesamtausgabe, Abschluß des Manuskripts für ein Buch mit dem Titel *Paradoxes of Modernity*, das 1994 bei Stanford University Press erscheinen soll, Niederschrift eines Textes „Der Um- und Neubau der Hochschulen in Ostdeutschland“ sowie Ausarbeitung von Vorlesungen unter dem Titel *Religion and Rationalism. Modena Lectures*, die ich aber dann wieder unterbrach.

Dies vor allem deshalb, um mit meinem Buch *Handlung, Ordnung und Kultur. Studien zur Grundlegung der verstehenden Soziologie* voranzukommen. Dies ist in Grenzen gelungen: Ich gewann Klarheit über Aufbau und Argumentationsstrategie. Das Buch, das der Verteidigung des bewußtseinstheoretischen gegenüber dem systemtheoretischen und sprachtheoretischen Paradigma in der Soziologie dient, wird voraussichtlich sieben Kapitel haben: 1. Zwecktätigkeit und kommunikatives Handeln — eine falsche Alternative? 2. Die Genese von Max Webers verstehender Soziologie — Jenseits von Ökonomie und Experimentalpsychologie. 3. Die Architektur der „Soziologischen Grundbegriffe“ — Typen der Orientierung und Typen der Koordination. 4. „Der Polytheismus der Werte“ -- Von der substantiellen Rationalität zur Verfahrensrationalität. 5. Verteidigung des Subjekts — Gegen den funktionalistischen und linguistischen Reduktionismus in der Theorie des Selbst. 6. Für einen mentalistischen-konstruktivistischen Ansatz: Max Weber, Alfred Schütz und Anthony Giddens. 7. Individuelle Freiheit und soziale Bindung — Die Rolle von Institutionen im Leben der Menschen. Einzelne Kapitel sind geschrieben, andere konzipiert, wieder andere noch reine Desiderate. So wird es noch einige Zeit dauern, bis das Buch fertig ist.

Ich habe Berlin und sein Kolleg sehr genossen: Das kulturelle Leben (Theater [Ost], Konzert und [Komische] Oper), die Kolloquien und Arbeitskreise (Europa, die Rechtstheorie von Jürgen Habermas) und die persönlichen Bekanntschaften, von denen einige hoffentlich noch

bestehen, wenn alles übrige längst Erinnerung ist. Vor allem werde ich an den häufigen und kurzfristigen Wechsel von *vita activa* und *vita contemplativa* zurückdenken — als einer Quelle außerordentlicher Stimulation.

Robert Schulmann

Before the Call to Olympus: Einstein and Switzerland, 1895 —1914



Born in Bacolod, Philippines in 1942. Professor of History, Boston University and Director of Boston University's Center for *The Collected Papers of Albert Einstein*. Educated at University of California, Riverside, and University of Chicago (Ph. D. 1973). Taught Modern German History and History of Science at the University of California, Riverside and University of Pennsylvania. Research in the development of the modern physics discipline in the German-speaking world. As one of three co-editors, published five volumes of Einstein's *Writings and Correspondence* (1987, 1989, 1992, and 1993 with Princeton University Press), and together with Jürgen Renn *The Love Letters* in 1992. — Address: History Department, Boston University, 225 Bay State Road, Boston, MA 02215, USA.

I came to Berlin with two main goals: to finish work on the fifth volume of the Einstein edition encompassing the period 1902 until 1914 (the so-called Swiss years), and to complete a manuscript for a biography of Einstein. Despite the most delectable and tempting of diversions afforded by both the Wissenschaftskolleg and the city, I succeeded in both endeavours.

The material for Volume Five of *The Collected Papers of Albert Einstein* consists of 520 documents, fully 40% of which were unknown until their rediscovery over a period of five years in a variety of record offices, private attics, and public repositories. When this volume begins, in mid-1902, the 23-year-old Einstein has just started working at his first regular job: he has been given a provisional appointment as Technical Expert, third class, at the Swiss Patent Office in Bern. Einstein is still unknown in scientific circles, even though he has already published one paper in the major German journal for physics (*Annalen der Physik*) and has two more on the way to publication. He is apparently quite happy despite his isolated position since he is free to pursue his own work when he is not occupied at the Patent Office and can discuss his ideas on science and philosophy with his equally unknown friends, in particular at meetings of the self-constituted Olympia Academy.

By the spring of 1914 when this volume ends, Einstein is departing from Switzerland to return to the Germany he could hardly wait to leave some two decades earlier. He is returning in scientific triumph. At thirty-five, having already held full professorships at the German University of Prague and the Swiss Federal Institute of Technology (ETH) in Zurich — and turned down offers of chairs at Utrecht, Leyden, and Vienna — he has accepted a new position in Berlin. Some of Germany's leading scientists, including Max Planck and Walther Nernst, have persuaded Einstein to take up a well-paid appointment as a member of the Prussian Academy of Sciences with the possibility of teaching at the University of Berlin but with no obligation to do so at all. He has also been promised that an Institute for Theoretical Physics would eventually be created and that he would be its director, something that comes to pass in 1917.

I spent the first three months of my stay at the *Wissenschaftskolleg* reading proof of the 700-page manuscript, polishing the introduction, and generating and controlling the index, while staying in hourly contact with my Boston office over the FTP tool. Many thanks go to Dr. H.-G. Lindenberg for making this almost palpable communication with the Other Side possible.

In the writing of the Einstein biography, my chief purpose was to drive the biographical factum of the saintly oracle of Princeton to the sidelines and place the variety of contexts within which he had to operate in the late nineteenth, early twentieth century at the center of my inquiry. Conditions of and constraints on his creativity and ambition, the reception of various intellectual traditions, and his scientific development and career choices are the focus of my interest. I try to show how Einstein came to assign pride of place to two major nineteenth-century traditions — that of molecular reality and of the organization of physical and chemical knowledge by general principles or laws — in the development of an integrated research program. I examine to what degree his qualified autodidacticism predisposed him to accept the popular science works of Aaron Bernstein and Ludwig Büchner, while not neglecting the loftier intellectual traditions of Helmholtz and Schopenhauer, and how his readings led him to demand answers to foundational and integrated physical-philosophical questions, a point of departure unusual for practising physicists of his generation. The experience Einstein acquired in his family's electrical engineering firms and later in the Swiss Patent Office served as critical intersections between scientific and technological knowledge. I look at why he came to physics in the first place, and not, for example, to engineering, which would have been a more normal path for the son of a well-assimilated German-Jewish family of his generation. Another chapter deals with the question of what constituted the discipline of physics in German-

speaking Europe at the beginning of the century, and why Einstein's study in Switzerland led him to appropriate specific variants of the established German traditions in natural sciences.

This account of my activities is much too compact and smooth to serve as an accurate reconstruction of my year in Berlin. It leaves out the sounds, the smells, the emotional fabric of the place. Because my family and I lived at Heydenstraße and not in the Villa Walther I had the great pleasure almost every day to puzzle through an array of problems as I wended my way on foot for half an hour each way to and from the Kolleg. Only those who fight their way through Boston traffic on the way to work can truly appreciate the simple luxury that these walks gave me. Berlin itself was a most agreeable surprise. Raised in Los Angeles to speak German with a Bavarian accent and to see the world through the eyes of Karl Valentin, I found myself rapidly developing an affinity with the *Berliner Schnauze* and the accompanying dry humor. To steal a page from the book of Einstein's life, I too initially feared a "-Gottseibeimir-Verberlinerung"¹ and was haunted by the prospect of becoming a "Fatzke."² In the event, the process of acclimatization was remarkably painless and pleasant, and no small part in this was played by the matchless surroundings of culture and nature concentrated in and around the Wissenschaftskolleg.

The Herculean efforts of Gesine Bottomley and her peerless staff — perhaps Amazonian would be more appropriate — loom largest in my memory of this year, but the helpfulness of the staff of the secretariat and the culinary labors in the basement of the Altbau were equally unstinting. My thanks to Rector Lepenies, whose intellectual support was greatly appreciated. I regret only not seeing him more often on the playing fields of the Kolleg, where the accumulated frustrations of a week of pounding the computer could be vented in socially acceptable form of hostility. Lastly, friendships were formed that will probably stand the test of years, and for them I am also deeply grateful to the Kolleg: Eörs Szathmáry contributed the ebullience of his tender years and reminded me doggedly of America's intellectual debt to Hungary; Shahid Amin was irrepressible on the table-tennis court and in lengthy discussions over *lahmacun* in Kreuzberg or in the pub *Kommandatur* in Prenzlauer Berg; Peter Hammerstein provided both theoretical rigor and a wealth of empirical data on the *Verhaltenspsychologie* of local fauna; and Oriol Bohigas proved time and time again that the divide between physicist and humanist can be comfortably bridged.

¹ Einstein to Elsa Löwenthal, autumn 1913, *Collected Papers of Albert Einstein (CPAE)*, Vol. 5, Doc. 362.

² Einstein to Elsa Löwenthal, February 1914, *CPAE*, Vol. 5, Doc. 399.

Thomas H. Seligman

Quantenchaos



Geboren am 9. Mai 1944 in Basel. 1966 schloß er das Studium der Theoretischen Physik an den Universitäten Basel und Kopenhagen ab, 3 Jahre später promovierte er in Tübingen (*Gruppentheoretische Untersuchungen zum Cluster Modell der Atomkerne*). Nach einem Stipendienaufenthalt an der Universität von Mexiko (UNAM) bei Marcos Moschinsky habilitierte er sich in Tübingen (*Double Coset Decomposition of Finite Groups and the Many-Body-Problem*, 1975). Anschließend arbeitete er bei H. Hackenbroich in Köln, von wo er 1978 an die Universität von Mexiko berufen wurde, zunächst als Associate, ab 1981 als Full Professor; dort beschäftigte er sich mit M. Moschinsky intensiv mit der Frage nach quantenmechanischen Darstellungen von Kanonischen Transformationen. 1983/84 verbrachte er mit einem Humboldtstipendium bei Hans Weidenmüller in Heidelberg, wo er die Arbeit auf dem Gebiet des Quantenchaos aufnahm. Seit 1980 ist Thomas Seligman Direktor der alle drei Jahre in Mexiko stattfindenden Lateinamerikanischen Schule für Physik und seit 1993 Präsident der *Academia de Ciencias de Morelos*. – Adresse: Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de Mexico, Apdo. Postal 20364, 01000 México D. F.

Naturgemäß war meine Forschungsarbeit in den Schwerpunkt „Chaos“ eingebettet. So hatte ich Gelegenheit, mit allen Fellows, die zum Schwerpunkt gehörten, ausführlich und über vieles zu diskutieren; insbesondere war es für mich sehr interessant, das Konzept der strukturellen Invarianz, welches ich vor kurzem eingeführt habe, sowie dessen Folgen zu besprechen (vgl. dazu den Aufsatz unten, S. 204-209). Der Strom von Besuchern ermöglichte es uns, im Gespräch unserer Gruppe wie auch über deren engeren Kreis hinaus, Anregungen zu erhalten und Arbeitskontakte zu pflegen oder anzuknüpfen. Dies erwies sich als äußerst fruchtbar und erlaubte zusammen mit den guten äußeren Bedingungen, vor allem auf dem Gebiet der Computer und der Netzwerke, eine ertragreiche und vielfältige Aktivität zu entfalten, deren Ergebnisse weiter unten beschrieben werden.

Ein Teil meiner Tätigkeit in dieser Zeit betraf nicht direkt die eigene Forschung. Eine Woche vor meiner Abreise aus Mexiko erhielt ich die Aufforderung, bei der Gründung eines neuen Physikalischen Instituts an der Universität von Guadalajara mitzuwirken. Es ging dabei vor allem um vier Berufungen. Auf eine Annonce in *Physics Today* gingen sechzig Bewerbungen ein, und es folgte ein komplizierter Auswahlprozeß. Dazu ist zu bemerken, daß internationale Ausschreibungen solcher Stellen in Lateinamerika sehr unüblich sind. Der Erfolg der Ausschreibung ist ein Zeichen für die schwierige Lage in Osteuropa, aber auch für die zunehmende Anerkennung der Wissenschaft in Lateinamerika. Es mag von allgemeinem Interesse sein zu wissen, daß etwa sechzig Prozent der Bewerbungen aus Osteuropa kamen, daß sich andererseits aber auch je ein anerkannter Ordinarius aus den USA und aus Deutschland beworben haben. Der Rat vieler Fellows des Kollegs sowohl in grundsätzlichen Fragen als auch bezüglich spezifischer Berufungen war von unschätzbarem Wert.

Schließlich habe ich mich auch mit einer Aktion befaßt, deren Ziel es ist, russischen Wissenschaftlern das Verbleiben und Arbeiten in Rußland zu ermöglichen. In diesem Bemühen habe ich aktive Unterstützung des Wissenschaftskollegs erfahren.

Die Forschung auf dem Gebiet des Quantenchaos hatte sich jahrelang auf die Spektren als die wesentlichen invarianten Größen der Quantenmechanik konzentriert. Seit etwa fünf Jahren habe ich mich aber mehr und mehr für Eigenschaften der Wellenfunktionen interessiert. Diese Tendenz hat sich jetzt auch in unserem Gebiet als die wesentliche durchgesetzt. Die Schwierigkeit liegt darin, daß diese Funktionen vom Referenzsystem, in welchem sie untersucht werden, abhängen. Es ist daher erforderlich, daß es mindestens eine von zwei Bedingungen erfülle: entweder muß das Referenzsystem vom Experiment her relevant sein, oder es muß eine besondere theoretischen Bedeutung haben. Am besten ist es natürlich, wenn beide Dinge zusammenkommen, wie dies im Falle der Lokalisierung zutrifft. Dieses Problem zieht sich wie ein roter Faden durch die verschiedenen Spezialthemen, welche behandelt wurden.

1) Stabilität von Eigenfunktionen unter dem Einfluß von Störungen

Diese Arbeit war mit Hans Weidenmüller und Luis Benet bereits vor dem Aufenthalt am Wissenschaftskolleg begonnen worden. Während des Jahres wurde dann eine erste Publikation fertiggestellt (*Phys. Rev. Lett.* 71 [1993], 529), gleichzeitig wurden die Arbeiten noch weiter vorangetrieben, wobei Anregungen von Boris Chirikow eine wesentliche Rolle spielten. Es wurden qualitative Unterschiede zwischen dem Verhalten der Funktionen bei klassisch integrierbaren beziehungsweise chaotischen Systemen festgestellt und auch Maße für diese Unterschiede angegeben. Hier ist die allge-

meine Frage nach dem Referenzsystem von der Problemstellung her zu beantworten; wenn wir von Störungen sprechen, so bezieht sich diese Betrachtung zwangsläufig auf das ungestörte System, welches uns auch das geeignete Referenzsystem liefert. Es mag noch erwähnt werden, daß es sich hier um die Lösung eines bald zwanzig Jahre alten Problems handelt.

2) Chaos in Rydbergmolekülen

Während eines Besuches von Maurice Lombardi nahmen wir die letzten Korrekturen an einer Arbeit über Wellenfunktionen von gebundenen klassisch chaotischen Systemen vor (*Phys. Rev. A* 47 [1993], 3571). Es wurden Wellenpakete betrachtet, welche im Experiment im Prinzip mit Laseranregung erzeugt werden können. Gleichzeitig wurden neue Untersuchungen zur Streuung im selben System begonnen, welche vielversprechend aussehen und unerwartete Ergebnisse bezüglich des zeitlichen Ablaufs der Streuung gebracht haben. Es zeigt sich, daß im Bereich klassischer Mechanik ein eindimensionales Diffusionsmodell die Situation recht gut beschreibt, doch muß in diesem Modell in gewissen Fällen eine semipermeable Barriere eingeführt werden. Wir vermuten, daß es sich dabei um Effekte von aufgebrochenen, aber nicht vollständig zerstörten KAMtori, um sogenannte Cantori, handelt.

3) Lokalisierung in Bandmatrizen

Mit Alexander Mirlin, Yan Fyodorov und einem meiner Studenten (Javier Quezada) untersuchten wir die Lokalisierungseigenschaften der Eigenfunktionen von Bandmatrizen, für welche das Band nach einem Potenzgesetz abfällt. Numerische Rechnungen ebenso wie algebraische Überlegungen sind weit fortgeschritten, und ein Entwurf der Arbeit liegt vor. Das Ergebnis ist im wesentlichen ein Übergang von Lokalisierung zu Delokalisierung, welcher bei einer Potenz zwischen -1 und $-1,5$ erfolgt. Die Frage der Lokalisierung ist bei ausgedehnten Systemen z. B. über Transmission in irgendeiner Form experimentell zugänglich; das Referenzsystem ist durch die Ausdehnung des Systems selbst im realen Raum bestimmt. Lokalisierung ist aber auch wegen des Zusammenhangs von deterministischem Chaos mit ungeordneten Systemen via Anderson-Lokalisierung von grundsätzlicher Bedeutung.

4) Unstabile periodische Bahnen und Punktsymmetrien

Auf diesem Gebiet habe ich mit Hans Weidenmüller zusammengearbeitet, und wir haben eine vom ihm kürzlich fertiggestellte Arbeit in einen gruppentheoretischen Zusammenhang gebracht. Dabei ist es gelungen, die periodischen Bahnen von chaotischen Systemen mit Punktsymmetrie

bezüglich derselben vollständig zu klassifizieren. Die Arbeit ist praktisch abgeschlossen. Das Referenzsystem ist hier durch die klassischen Bahnen gegeben.

5) Korrelationen in Kernspektren

Mit Maurice Lombardi und Oriol Bohigas haben wir neue Ideen zur statistischen Analyse experimenteller Intensitäts- und Energiespektren auf Kerndaten angewendet. Spektren werden erzeugt, indem man jedes zweite Niveau berücksichtigt, und es wird gezeigt, daß für den Fall des Kerndatenensembles die Fouriertransformation die charakteristische Spitze bei 1 aufweist. Hier beziehen wir uns auf Grund der experimentellen Lage hauptsächlich auf Neutronenkanäle als Referenzsystem. Der entsprechende Artikel ist zu Veröffentlichung bereit. In diesem Zusammenhang haben wir auch Pläne für eine weitere Zusammenarbeit auf dem Gebiet der statistischen Kernphysik entwickelt.

Kirsti Katariina Simonsuuri

Myth and Literature



Born in 1945 in Helsinki. Cand. Phil. in Classics and Philosophy from Helsinki University in 1971, MA in English from Edinburgh University in 1969, Cambridge University 1971-74 (Finland's "Rhodes"), Université de Strasbourg, Sciences humaines 1975-76, Ph. D. from Cambridge University in 1977. Docent in Comparative Literature at the Universities of Helsinki and Turku. Senior Research Fellow at the Academy of Finland 1981-89, National Fellowship for Artists 1990-92. The British Academy Wolfson Award for Younger Scholar in 1981. A Visiting Fellow at the Warburg Institute in London in 1981-82 (British Academy), at the Herzog August Bibliothek in Wolfenbüttel in 1983 (Deutsche Forschungsgemeinschaft), Ahmanson Fellow at the UCLA in 1984, a Fulbright Scholar at Harvard University in 1984-86, and at Columbia University 1986-88, and a Visiting Scholar at the Centre Louis Gernet de la Recherche Comparée sur les Sociétés Anciennes in 1979, 1989—90 (CNRS). Publications include *Homer's Original Genius*, Cambridge University Press 1979, and studies on ancient and modern literature, numerous collections of poetry, essays, novels in Finnish, some translated into English, French, Hungarian and other languages. J. H. Erkkö Prize for the best first book in Finland in 1980, Columbia University Translation Prize for *Enchanting Beasts* in 1991. — Address: Vuorimiehenkatu 4.A.27, SF-00140 Helsinki, Finland.

My time at the Wissenschaftskolleg has been useful in many unexpected ways. First of all, I have not been able to complete all my plans as delineated before my arrival; secondly, there have been several overtures to new work which are perhaps valuable and promising. The wonderful friendliness and superb professionalism of the administrative, secretarial and library staff have greatly contributed to this optimistic view. One can never see every facet of a given moment nor its significance to future developments, but, writing this now while looking at a Grunewald garden and lake, one can be reasonably hopeful.

As a Greek scholar, my interest in myth is of long duration and endurance, and has been rekindled in the activity of writing poetry and fiction. I maintain the view of a writer as an enlightened myth-maker in the modern world, a view where telling stories may serve the function of demythologizing as well as of inventing new mythos. Both in myth and in literature there exists a level of meaning which goes beyond the literal meaning. But myth does not limit its function to literature. I would like to see myth as a form that exists at the very foundation of culture; and therefore our criticism of culture, our "Kulturwissenschaft" is, in the first place, a criticism of myth. It is important to inquire in which particular and essentially variable ways myth, and archetype of all narration, can explain the social and cultural function of stories and story-telling.

Myths are not literature, however. Myths do not need literature, but literature needs myths. Perhaps myths could be seen as the schemes of meaning that yield new narratives in different cultural contexts. The fact that myths are tales, verbal forms, can also mean that they have philosophical content, or existential content, and thus yield philosophical meanings.

In the Greek world as elsewhere, mythological narratives most commonly relate to the origin of things. How things began? What happened in the beginning? Why are we like this, and so forth. The cosmogonic myths tend to be repeated and retold in other types of mythical tales, such as the foundation and succession myths. The early struggles of the cosmogonic myths set up parallels for later myths that may indeed display features more commonly associated with folktales or even fairytales. It seems to me that this cosmogonic struggle provides the most common pattern of Greek tales. It is first a struggle between order and disorder; and, once order has been established, it becomes a struggle between order and power, a struggle about power. The struggle between Kronos and Zeus is repeated in the struggle between Laios and Oidipus; between Labdakos and Laios, as the line of Kadmos in the city of Thebes performs its mythical and historical role of trying to eliminate deviations, of trying to correct the line. The struggle between Zeus and Prometheus, and for example, between Thanatos and Sisyphos show a similar structure, while displaying a great number of variants within the structure.

Thus my interest focused on the myths that seem to have cognitive functions, as keys to culture. They may not be evident, as the cognition is buried under metaphoric and polysemic language (as in poetry), as well as under fragmentation of meaning in referentiality and intertextuality. Allusion and intertextuality are powerful strategies of literary tradition, and may in part obscure, and have obscured, the more fundamental nature of original myths. Tradition can carry plenty that is simply false,

and there is such a mechanism as a respect for tradition, too, that distorts the understanding of myth as an archetypal form.

Greek tragedy, from where many of my texts derive, is still very close to the culture where these myths originated, although Greek tragedy introduces emotion to the world of myth devoid of feeling. Whereas in the myths themselves the cosmogonic struggles (and struggles about succession or identity) might have resulted in some sort of order, at least in the sense that they gave an explanation of how things are what they are, in Greek tragedy there is a tendency to intensify the consequences of such transgressions, and the consequences are suffering, loss of self, of individual life. Tragedy can therefore illuminate the world of myths with great insight. Tragedy places the boundaries of metaphors differently from us, but possibly not unlike the way those archaic societies which produced the myths did, and this is why we tend to feel that these poetic interpretations have "mythical power". Thus it seems that the violence of the Greek cosmogonic, succession and foundation myths, which later developed into myths concerning identity and knowledge, is a necessary consequence of the physical nature by which emotional life was metaphorically understood. There is no "as if" in Greek myth, and tragedy shows very little of it either.

Some of the year's work can be summarized as follows_ I have finished some articles on myth and literature, to form part of a future book on these themes; and progressed somewhat in my book on Greek drama. I have written a radio play, which contains a scene experienced in a Berlin restaurant, and some longer poems for my next collection of poetry. The excitement of the German political and intellectual scene has inspired essays for newspapers and journals, which may later prove the kernel of "a Berlin diary". With Bettina Heintz and Luisa Passerini we organized a women's forum at the Wissenschaftskolleg in March and April and invited speakers from Berlin to discuss the theme of "Die Frauen zwischen Ost and West". During a week in Paris in February, I was able to revisit the Centre Louis Gernet and talk to colleagues, among them, Pierre Vidal-Naquet at the Centre, and Jean Bollack, a former fellow at the Wissenschaftskolleg. Throughout the year, I have given guest lectures and readings at various institutions both in Germany and elsewhere, among them, Munich, Bologna, the Hay-on-Wye Festival of Literature, and the Literaturhaus in Berlin.

Eörs Szathmâry

Climbing the Steps of Evolution



Born in 1959 in Budapest. 1979-1984: biology student at the Faculty of Natural Sciences, Eötvös University, Budapest. 1987: Ph. D. in ecology (theoretical biology). 1987-88: SOROS Fellowship at the University of Sussex. 1991-92: research fellow in the Laboratory of Mathematical Biology, National Institute for Medical Research, London. Since 1987: research fellow of the Hungarian Academy of Sciences in the Ecological Modelling Group, Department of Plant Taxonomy and Ecology, Eötvös University. — Address: Ludovika tér 2, H-1083 Budapest, Hungary.

My project at the Wissenschaftskolleg has been to write a joint book with John Maynard Smith (University of Sussex, Brighton) about the major steps in evolution. The chapters are: the origin of life, the origin of eukaryotic cells, the origin of sex, the origin of multicellular organisms and development, the origin of cooperation and animal societies, the origin of the human language capacity. The book is almost finished, and several research papers have been written as a by-product. An excellent library service turned out to be crucial for this project.

My major adventure with the book was undoubtedly the problem of language. We have now a fairly firm idea that the human capacity for language must be innate. If this is so, its origin is a question of evolutionary biology. Yet, many linguists are quite reluctant to take this view, arguing essentially that one either has a proto-language with severely limited syntax, or a full-blown Chomskyan deep-structure, and intermediate steps are inconceivable. We do not believe this view is correct and attempt to explain why.

I have written papers about: toy models of simple forms of development, evolutionary biotechnology, and the origin of the genetic code. The latter work is the most important by-product of the book. In that I explain my hypothesis that useful coding preceded translation in evolution, in the form of amino acids attached to anticodon-like trinucleotide handles, and serving as coenzymes of ribozymes in the ancient RNA world.

I went on shorter or longer official trips to Trieste, Vienna, Bielefeld, Brighton, and Klosters to give professional talks. An important part of

my work was to start convening an international research group in theoretical biology at the Collegium Budapest for 1994—95.

I established excellent personal and professional relationships with some fellows at the Institute, adequately catalysed by sufficient amounts of Saint-Émilion Grand Cru. Peter Hammerstein and James Griesemer were my peers in evolutionary biology. I am going to pursue means of further collaboration with them. Other members of the *Grand-Cru Club* included Shahid Amin, Oriol Bohigas, Barry Eichengreen, Bettina Heintz, and Robert Schulmann, being supervised with some legal authority by Peter Häberle. Tears are dropping from my eyes into my glass when I think of the happy days we spent together in Arcadia.

Boris Uspensky

Space and Time as Cultural Categories



Born in Moscow, 1937. 1955-1960 student at the philological faculty of Moscow University; 1961 at the Institute of Linguistics and Phonetics, Copenhagen University; 1962 expedition to Yenisey (Siberia) for the study of the Ket language. 1963 *Kandidat nauk* (Ph. D.); 1963-1965 work on the typology of languages at the Institute of African Studies at the Academy of Sciences of USSR; 1965 appointed Senior Research Fellow of Moscow University. 1972 *Doktor nauk* (corresponds to *Habilitation*). Since 1977 Professor at Moscow University; visiting professorships at Vienna, Harvard and Graz Universities. Author of more than 300 publications in the fields of general linguistics, philology, semiotics, slavistics, and history. His monographs include *Poetics of Composition* (Moscow, 1970; English, German, Serbian, Hungarian, Hebrew, Japanese, Finnish, Bulgarian translations); *Tipologia della cultura* (with Y. M. Lotman, Milano, 1975); *Semiotica della cultura* (with Y. M. Lotman, Milano-Napoli, 1975); *The Semiotics of the Russian Icon* (Lisse/The Netherlands, 1976, translated into Japanese, Italian, Serbian, Bulgarian); *Sémiotique de la culture russe* (with Y. M. Lotman, Lausanne, 1990); *Semiotik der Geschichte* (Vienna, 1991); *Storia della lingua letteraria russa: Dall'antica Rus a Puskin* (Bologna, 1993). — Address: Russian State University, Institute for the Advanced Study in the Humanities, 6 Miusskaya sq., Moscow 125267.

My work at the Wissenschaftskolleg was primarily concentrated on two main topics: semiotics (in particular, semiotics of culture) and linguistics.

In the field of semiotics I was especially interested in the perception of space and time during the Middle Ages. The analysis of a relatively large corpus of various texts led me to the conclusion that both space and time were evaluated in moral categories, as "pure" or "impure". This seems to be true of the Middle Ages in general, although this division appears, for a number of reasons, to be much more evident in Medieval Russia. "Pure"

space or time was appreciated as prosperous, whereas "impure" space or time was considered to be dangerous. Correspondingly, "pure" or "impure" space or time presupposed essentially different behaviour; in particular, "impure" space and time called forth all kinds of magical behaviour. The evaluation of time and space could also become an important historical factor, even influencing the development of events.

The essential difference between space and time lies in the fact that, whereas it is possible, to a certain extent, to avoid dangerous ("impure") space, it is practically impossible to avoid dangerous time.

The differentiation between the "pure" and "impure" space may be equally relevant both for macrospace (i. e. geographical space) and for microspace (i. e. environment). By the same token the differentiation between the "pure" and "impure" time may be revealed both in macrotime (e. g., happy and unhappy years, seasons, etc.) and for microtime (e. g., happy and unhappy hours, moments, etc.).

At the Wissenschaftskolleg I started to write a book devoted to these questions. The book will be concentrated primarily on Russian medieval culture, but comparisons with other cultures will be also made. In this book I am trying to make use of different sources which are usually analysed separately: written documents (i. e. medieval texts as such) and anthropological data (i. e. popular traditions, if they can be traced back and regarded as archaic). I was not able to finish the whole book in Berlin, but I prepared some chapters discussing the evaluation of space in medieval Russia.

Especially Russian medieval geography made a very clear distinction between righteous and sinful (heretical, pagan, etc.) countries. Hence, any kind of travelling appeared as a movement within a scale of moral values; the upper degree of that scale was located in Paradise, the lower degree in Hell. In a sense Paradise and Hell were also geographical concepts, for they belonged to the geographical space. It was even possible to visit them, and we have descriptions of both Hell and Paradise made by Novgorodian seafarers.

This kind of understanding periodically caused a search for the righteous countries, which sometimes became a social phenomenon and even provoked the migration of certain portions of the population.

Specifically interesting in this respect is the diary of a Russian merchant from the fifteenth century, who was obliged to go to Persia and India and had to stay there for several years ("The Journey beyond Three Seas" by Afanadj Nikitin). His behaviour in those non-Christian countries (which were certainly considered to be "impure", sinful countries from the Russian perspective) turned out to be close to the magical: in many cases his behaviour was actually a sort of "anti-behaviour".

The above-mentioned book was my main project at the Wissenschaftskolleg. Besides this, I was able to write a series of articles, some of which also deal with problems of space and time.

One of these articles discusses the organization of space in the Ghent Altarpiece by Van Eyck. The analysis of the right-left orientation in the Ghent Altarpiece makes it possible to single out two spatial layers which are both combined and contrasted here. One of them is coordinated with the perspective of an external observer, who is outside of the world represented (his point of view actually coincides with the point of view of a spectator of the painting). At the same time the opposite perspective of an internal observer, who is implicitly located within the represented reality, can also be traced here. The different parts of the painting are organized according to drastically different principles. Thus the external perspective is used in the foreground, the internal perspective is revealed in the middle, i. e. the central part of the representation. This combination of Renaissance and medieval principles can be regarded as a combination of the Human and the Divine, which is probably one of the main topics of the Ghent Altarpiece.

One of my linguistic articles is also concerned with the treatment of time and space as reflected in the mirror of natural languages. The title of the article is "The Remote Past and the Second Genitive in the History of the Russian Language". I attempt to reveal a (deep) grammatical category which is common to both the verb and the noun. In the verb it is realised as a particular tense, i. e. a temporal category; in the noun it is realised as a particular case, i. e. a spatial category. This category can be conventionally called the category of partitivity: the issue here is the relation between the whole and a part which is relevant both for the description of a process as well as for the description of an object.

These papers are very different, but they are united by the problems of space and time as cultural concepts. It was a fruitful year, and it was good to be here.

Hans A. Weidenmüller

Chaos und Unordnung in physikalischen Systemen



Geboren 1933 zu Dresden. Physikstudium in Bonn und Heidelberg, Promotion 1957. Als Assistent bzw. Research Associate in Heidelberg (1957/8) und Minneapolis (1958/9), als Research Assistant und Assistant Professor am California Institute of Technology 1959-62. Gastprofessor (1962/3) und ordentlicher Professor für theoretische Physik (1963-72) an der Universität Heidelberg, seither ordentlicher Professor ad personam daselbst. Seit 1968 wissenschaftliches Mitglied und Direktor am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg. Zahlreiche Aufsätze zur Theorie der Kernstruktur und Kernreaktionen, insbesondere zu deren statistischen Aspekten, zum chaotischen Verhalten von Atomkernen und zur Theorie mesoskopischer Systeme in einschlägigen Zeitschriften. Zwei Bücher: *Shell-Model Approach to Nuclear Reactions* (mit C. Mahaux), North-Holland Publishing Co., Amsterdam 1969, und *Introduction to the Theory of Heavy-Ion Scattering* (mit W. Nörenberg), Springer Verlag, Heidelberg 1976. Zahlreiche mehrmonatige Forschungsaufenthalte an Universitäten in Europa, USA und Japan. Hauptherausgeber der *Zeitschrift für Physik A* 1973 – 88. Umfangreiche Aufgaben in der wissenschaftlichen Selbstverwaltung. Starkes Engagement für die deutsch-israelische wissenschaftliche Zusammenarbeit. — Adresse: Max-Planck-Institut für Kernphysik, Postfach 102980, D-69029 Heidelberg.

Das Jahr am Wissenschaftskolleg war für mich in zweifacher Weise ein besonderes Geschenk. Einmal weil ich, von erheblicher administrativer Belastung befreit, endlich wieder Zeit hatte: Zeit zu arbeiten, Zeit für die gemeinsamen wissenschaftlichen Veranstaltungen am Kolleg, Zeit für private Zirkel mit anderen Fellows, aber auch Zeit für das breite kulturelle Angebot der Stadt. Es wirklich auszunutzen ist unmöglich; einen kleinen Teil davon wahrzunehmen, habe ich mich nach Kräften bemüht. Zum zweiten war dies ein besonderes Jahr deshalb, weil ich mich als theoretischen

scher Physiker nicht allein, sondern mit einer Gruppe von Kollegen mit ähnlichen wissenschaftlichen Interessen in Berlin befand. Das Kolleg hatte uns allen zusammen in großzügiger Weise den gemeinsamen Aufenthalt ermöglicht. Ich glaube, daß diese Form des Aufenthalts am Wissenschaftskolleg für theoretische Naturwissenschaftler besonders attraktiv ist. Der kontinuierliche Diskurs mit Fachkollegen, der für die meisten unentbehrlich ist, besteht nicht nur fort, er wird in Intensität und Qualität durch die Anwesenheit von Fellows mit gleichen Interessen aus geographisch weit auseinander liegenden Instituten sogar erheblich gesteigert. Zugleich haben die Teilnehmer die reizvolle Möglichkeit, am wissenschaftlichen Leben des Kollegs teilzunehmen.

Nach einigen Wochen intensiver Gespräche, in denen die Mitglieder der Gruppe ihre neueren Arbeiten den anderen in einem täglichen Seminar vorstellten, entwickelten sich diverse Kollaborationen der Fellows, die im wesentlichen zwei Themen zum Gegenstand hatten: Die Manifestation klassisch-chaotischer Systeme in Quantensystemen und die Theorie mesoskopischer Systeme mit hoher Störstellenkonzentration. Beiden Themen gemeinsam ist der stochastische Charakter theoretischer Modellierungen. Neben das Fellow-Kolloquium am Dienstag trat für die Gruppenmitglieder als gleichgewichtige wissenschaftliche Veranstaltung unser Gruppenseminar am Freitag, das wir das ganze Jahr hindurch fortführten, und das von Mitgliedern der Gruppe und von zahlreichen Besuchern bestritten wurde. Wir lernten die laufenden Arbeiten der Gruppenmitglieder ebenso kennen wie neue Gedanken und Ergebnisse anderer. Die wissenschaftliche Arbeit der Gruppe fand zwar im Kolleg statt, doch haben wir auch den Kontakt zu den Berliner Hochschulen und Forschungsinstituten gesucht. Ich habe mehrere Vorträge und Kolloquien gehalten.

Meine wissenschaftlichen Arbeiten in diesem Jahr sind durch die eben beschriebene gemeinsame Unternehmung geprägt und teilweise in Zusammenarbeit mit zwei weiteren Fellows, Axel Müller-Groeling und Thomas Seligman, entstanden. Mein Wunsch, auch mit anderen Mitgliedern der Gruppe zusammenzuarbeiten, scheiterte am Umfang der bereits begonnenen Vorhaben. Allen Mitgliedern der Gruppe schulde ich Dank für intensive Diskussionen, vielfache Anregungen und konstruktive Kritik.

Mit vier Themen habe ich mich in Berlin wissenschaftlich auseinandergesetzt: Mit Permanentströmen in mesoskopischen Ringen, mit der semiklassischen Näherung à la Bloch-Balian-Gutzwiller für Systeme identischer Teilchen (Bosonen und Fermionen), mit Quantensignaturen für klassisch-chaotische Dynamik und mit chaotischem Verhalten von Atomkernen. Wie in der Physik üblich, sind die Ergebnisse nicht Teil eines Buches, sondern sind oder werden als Originalartikel in diversen Zeit-

schriften (*Europhysics Letters*, *Nuclear Physics A*, *Physica*, *Physical Review A* und *B*, *Physical Review Letters*) veröffentlicht. Teilergebnisse wurden als eingeladene Vorträge auf zwei Konferenzen — „Frontiers in Condensed-Matter-Physics“ an der Bar-Ilan University in Israel im März und „Perspectives in Nuclear Structure“ am Niels-Bohr-Institut in Kopenhagen im Juni — vorgetragen. Im folgenden werde ich meinen resp. unseren Beitrag zu den genannten Themen behandeln.

1. Permanentströme in mesoskopischen Ringen

Quantenkohärenz ist ein zentrales Thema in der Physik mesoskopischer Systeme, und der Permanentstrom, den ein Magnetfeld, welches die Öffnung eines mesoskopischen Ringes durchsetzt, als thermodynamischen Gleichgewichtszustand hervorruft, ist eine empfindliche Probe für diese Kohärenz. Um so beunruhigender ist die Tatsache, daß die seit etwa drei Jahren vorliegenden Meßwerte an Proben im diffusiven Bereich um mindestens zwei Größenordnungen von der Theorie abweichen. Letztere benutzt das Modell unabhängiger Elektronen im Zufallspotential als Simulation der Streuung an den Störstellen und liefert im Ensemblemittel viel zu kleine Werte für den Strom. Die allgemeine Vermutung geht dahin, daß die in der Theorie bisher vernachlässigte Coulombwechselwirkung zwischen den Elektronen für die große Diskrepanz verantwortlich ist.

Zur Klärung dieses Sachverhalts haben sich A. Müller-Groeling und ich analytisch und numerisch mit der Theorie ringförmiger Proben beschäftigt, die entweder strikt eindimensional sind oder so dünn, daß sie nur wenige transversale Elektronenzustände unterhalb der Fermikante besitzen. (Wir verfügen über analytisch gewonnene Einsichten, die auch für echt zweidimensionale Proben gelten, aber eine numerische Simulation für solche Proben war nicht möglich.) In solchen Proben haben wir den Einfluß der (abgeschirmten) Coulombwechselwirkung, von Störstellenstreuung und periodischem Potential auf den Permanentstrom am Nullpunkt der absoluten Temperatur untersucht. Dabei haben wir den Symmetrieforderungen an die Eigenfunktionen, die sich aus Pauliprinzip und Elektronenspin ergeben, besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Allerdings zeigt sich, daß der Strom von solchen Symmetrieeigenschaften allenfalls schwach abhängt.

Unsere Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen: Unter Vernachlässigung der Coulombwechselwirkung unterdrückt die Störstellenstreuung den Permanentstrom sehr stark. Das gilt in Ab- und in Anwesenheit eines periodischen Potentials. Die Coulombwechselwirkung konterkariert diese Unterdrückung sehr effektiv. Das ist das wesentliche Ergebnis der Arbeit. Es gibt Hinweise darauf, daß selbst schwache kurzreichweitige und abstoßende Kräfte (schwach im Vergleich zu einer realistischen

Abschätzung der abgeschirmten Coulombwechselwirkung) den Strom in die Nähe des Wertes bringen, den er ohne Störstellenstreuung hätte. Analytisch können wir zeigen, daß ohne Störstellenstreuung und ohne periodisches Potential die Coulombwechselwirkung keinen Einfluß auf den Strom hat. Das periodische Potential als solches beeinflußt den Strom ebenfalls nicht. In Kombination mit der Coulombwechselwirkung reduziert es den Strom.

Leider lassen sich unsere Resultate nicht unmittelbar auf den realistischen Fall dreidimensionaler Proben anwenden. Sie zeigen aber, daß die Coulombwechselwirkung einen bestimmenden Einfluß auf den Wert des Permanentstroms hat. Um so erstaunlicher ist der Umstand, daß die Theorie offener mesoskopischer Systeme, also insbesondere die Theorie der universellen Leitwertschwankungen, die Meßdaten unter Vernachlässigung der Coulombwechselwirkung wenigstens semiquantitativ erklären kann. Diese Tatsache bedarf der Klärung.

2. Diskrete Symmetrien und semiklassische Quantisierung

In den letzten Jahren haben neue Resultate zur semiklassischen Näherung zu einem tieferen Verständnis des Zusammenhangs zwischen spektralen Eigenschaften von Quantensystemen und klassischer Mechanik geführt. Das gilt insbesondere für solche dynamische Systeme, die im klassischen Grenzfall vollständig chaotisch sind. Beispielsweise ist die Niveaudichte semiklassisch die Summe zweier Terme. Der erste gibt die mittlere Niveaudichte, ausgedrückt durch ein Integral über den klassischen Phasenraum. Für Billards reduziert sich dieser Ausdruck auf die Weylformel. Der zweite Term ist die Gutzwillersche Summe über periodische Bahnen und liefert Korrekturen zur mittleren Niveaudichte. In Einzelfällen kann man daraus das volle Quantenspektrum gewinnen.

Eine bisher wenig behandelte Frage betrifft die Erweiterung dieser theoretischen Ergebnisse auf Systeme identischer Teilchen oder, allgemeiner gesprochen, auf Systeme, deren Hamiltonfunktion eine Punktsymmetrie besitzt. Im Falle identischer Teilchen wäre eine derartige Erweiterung die Brücke zur quantenmechanischen Vielteilchentheorie. Die Möglichkeiten einer solchen Erweiterung sind augenfällig. Mit H. M. Sommermann, einem Gast am Heidelberger Institut, hatte ich begonnen, dieser Frage nachzugehen. In Berlin habe ich die Untersuchungen fortgesetzt, teils allein, teils in Zusammenarbeit mit T. H. Seligman.

Die Grundidee des Vorgehens ist die folgende: Üblicherweise schreibt man die Niveaudichte als Spur über die Greensche Funktion und ersetzt die Spur dann durch ein Phasenraumintegral, wozu man im Falle der mittleren Niveaudichte die Wignertransformation benutzt, im Falle der Gutzwillersumme das Feynmansche Pfadintegral. Letzteres wird nach der

Methode der stationären Phase ausgerechnet, das führt schließlich auf die klassischen periodischen Bahnen. Im Fall identischer Teilchen (etwa Fermionen) wird der Ausdruck unter der Spur durch Einfügung eines Projektionsoperators modifiziert, der auf die Zustände der gewünschten Symmetrie (etwa antisymmetrische Zustände) projiziert. Das weitere Vorgehen ist ungeändert, führt aber auf neue Ausdrücke.

Nach diesem Verfahren wurde mit H. M. Sommermann die Weylformel für identische Teilchen in niederster Ordnung im Planckschen Wirkungsquantum berechnet. Numerische Beispiele für Systeme mit drei Freiheitsgraden zeigen gute Übereinstimmung mit exakter Diagonalisierung selbst in der Nähe des Grundzustandes. Diese Linie wird von H. Sommermann in Santa Barbara weiterverfolgt. — Für die Gutzwillersumme ergibt sich eine wesentliche Modifikation. Das Pauliprinzip bewirkt eine Veränderung der Amplitude, mit der die periodischen Bahnen zur Summe beitragen, ohne daß indessen neue Terme in der Summe aufträten. Derzeit arbeite ich mit T. H. Seligman an einer Verallgemeinerung dieses Ergebnisses auf Gruppen von Punktsymmetrien, die die Hamiltonfunktion invariant lassen.

3. Quantensignaturen für klassisch-chaotische Dynamik

Seit etwa zwölf Jahren ist bekannt, daß die Quantenspektren klassisch-chaotischer Systeme unter gewissen Bedingungen Fluktuationseigenschaften haben, die mit denen eines Ensembles von Zufallsmatrizen — des Gaußschen orthogonalen Ensembles — im Limes großer Matrixdimension übereinstimmen, während integrable Systeme Poissonstatistik haben. Diese Tatsache wird häufig benutzt, um Quantenspektren auf klassisch-chaotische Dynamik zu testen. Die entsprechenden Eigenschaften von Eigenfunktionen sind viel weniger gut verstanden. Ziel der mit L. Benet und T. H. Seligman gemeinsam durchgeführten Arbeit war es, eine ähnlich deutliche Signatur für Wellenfunktionen zu finden, die es erlaubt, klassisch-chaotische von klassisch-regulärer Dynamik zu unterscheiden.

Dazu wurde im Quantenfall der Einfluß einer Störung auf ein klassisch-reguläres System mit dem auf ein klassisch-chaotisches System verglichen. Um den Vergleich sinnvoll zu gestalten, mußte eine universell gültige Definition der Stärke einer Störung entwickelt werden. Es zeigt sich, daß die Verschmierungsbreite (*spreading width*) ein geeignetes Maß liefert. Dann wurde der Einfluß der Störung untersucht, indem die Eigenfunktionen des vollen Systems (inklusive Störung) nach den Eigenfunktionen des ungestörten Systems entwickelt wurden. Die Verteilung der Entwicklungskoeffizienten ist für klassisch-reguläre und klassisch-chaotische Systeme völlig verschieden; diverse Momente dieser Verteilung erweisen sich als geeignete Maße für klassisches Chaos.

4. Chaotisches Verhalten von Atomkernen

In der Kernspektroskopie hat in den letzten Jahren die Frage an Gewicht gewonnen, inwieweit die Spektren auf klassisch-chaotische Dynamik hinweisen. Schon seit langem ist bekannt, daß das bei mittelschweren und schweren Kernen an der Neutronenschwelle der Fall ist. In neuerer Zeit verdichten sich die Hinweise, daß schon bei viel geringeren Anregungsenergien ein solches Verhalten eintritt. Das führt zur Frage, bis wohin detaillierte Spektroskopie physikalisch sinnvoll ist und welche Freiheitsgrade im Kern reguläres dynamisches Verhalten aufweisen. Diese Frage wieder hängt eng zusammen mit der nach den charakteristischen Zeitskalen dieses Vielteilchenproblems.

Als Vorbereitung auf einen eingeladenen Vortrag auf einer Kernspektroskopiekonferenz im Herbst habe ich die neue Literatur gesichtet, geordnet und zusammengefaßt. Die eng mit dem Thema verknüpfte Frage nach der Symmetriebrechung in klassisch-chaotischen Quantensystemen hat durch neue Experimente zur Paritätsverletzung bei der Streuung polarisierter Neutronen an schweren unpolarisierten Kernen Auftrieb erhalten. Die Meßdaten zeigen eine unerwartete Asymmetrie im Vorzeichen. Auch zu diesem Thema habe ich einen eingeladenen Vortrag auf der Konferenz in Kopenhagen erarbeitet.

Für mich waren das Jahr wissenschaftlich ertragreich, der Aufenthalt am Kolleg anregend und fruchtbar. Die vielfältigen Gespräche mit den Fellows empfinde ich als eine bleibende Bereicherung, für die ich dankbar bin.

Martin Zirnbauer

Leitwertschwankungen in ungeordneten Elektronensystemen



Geboren am 25.4.58 in Moosburg (Bayern). 1976-79 Physikstudium an der TU München; 1979-82 Promotion im Fach theoretische Kernphysik an der Universität Oxford. 1982-84 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg, 1984-87 Weingart Research Fellow am California Institute of Technology in Pasadena, USA. Seit 1987 C3-Professur für Theoretische Physik an der Universität zu Köln. — Adresse: Universität Köln, Institut für Theoretische Physik, Zulpicher Str. 77, D-50937 Köln.

Mein Aufenthalt am Wissenschaftskolleg erstreckte sich über einen fünfeinhalbmonatigen Zeitraum vom 16. Oktober 1992 bis zum 31. März 1993. Eine rechtzeitige Ankunft zum Oktoberbeginn wurde durch die verspätete Geburt unserer zweiten Tochter Rebecca Ruth am 8. Oktober 1992 verhindert. Trotz dieser Komplikation lebten wir uns in der Villa Walther rasch ein, nicht zuletzt dank der herzlichen Atmosphäre am Kolleg und des verbindlichen Wirkens von Frau Weidenmüller. Rebecca wurde zu einem Kristallisationskern für viel familiäres Miteinander, und meine Frau schätzte die Freiräume, die sich durch meine Freistellung von Lehr- und anderen professoralen Verpflichtungen ergaben.

Da ich die anderen Mitglieder der Schwerpunktgruppe „Physik chaotischer und ungeordneter Systeme“ persönlich und fachlich gut kannte, waren Anknüpfungspunkte schnell gefunden. Befördert wurde das fachliche Zusammenfinden vor allem durch eine mehrwöchige Anfangsphase intensiven Austausches auf einer Plattform täglich stattfindender Präsentationen durch die einzelnen Mitglieder der Gruppe. Für die Zeit danach einigte man sich auf einen weniger aufwendigen Modus von einem Zusammentreffen pro Woche. Während der ersten sechs Wochen meines Aufenthalts wurde meine Arbeitskraft durch das Aufschreiben eines Artikels mit dem Titel „Conductance Fluctuations of Mesoscopic Conductors with many Weakly-Coupled Probes“ in Anspruch genommen. Dieser Artikel ist inzwischen in einer Festschrift zu Ehren von Professor H. A. Weidenmüller anlässlich seines sechzigsten Geburtstags erschienen. Für den Rest meiner Zeit am Wissenschaftskolleg hatte ich eine Reihe abzuschließender

Projekte aus Köln mitgebracht. Diese Projekte blieben unvollendet — und sie sind es bis heute noch —, weil ich mich durch das kooperative Klima innerhalb der Physikergruppe anstecken und in eine Kollaboration mit Axel Müller-Groeling und Alexander Mirlin, einem Gast der Gruppe, hineinziehen ließ. Den beiden fiel Mitte Januar auf, daß sich meine Berechnung des mittleren Leitwerts mesoskopischer Drähte auf die Schwankungen des Leitwerts ausdehnen lassen sollte. Es folgte eine Periode intensivsten Zusammenarbeitens, das schließlich Ende Februar kulminierte. Die schönen Früchte unserer gemeinsamen Anstrengung haben wir kürzlich bei *Annals of Physics* zur Publikation eingereicht.

Den verbleibenden Monat meines Aufenthalts widmete ich ganz dem Vorbereiten und Ausarbeiten eines Vortrags „Renormalization — a Universal Tool of Modern Physics“, gehalten im Fellow-Colloquium am 23. März (vgl. unten, S. 179 — 203). Ich wählte dieses Thema wegen seiner riesigen Tragweite für die moderne theoretische Physik, seines direkten Bezugs zu meiner eigenen Forschungstätigkeit und meiner missionarischen Absicht, eine signifikante Entwicklung in der Physik einem Kreis von Geisteswissenschaftlern zu erschließen. Das letzte Ziel war vielleicht zu hoch gesteckt: Neben dem durchweg sehr positiven Urteil der Physiker erhielt ich überwiegend reservierte Reaktionen von Seiten der angesprochenen Gruppe.

Hartmut Zwahr

Alltag. Die Jahre 1968 und 1989 in der **DDR**



Geboren 1936 in Bautzen. Studium der Geschichte, Germanistik und Volkskunde in Leipzig, dort 1963 Promotion, 1974 Habilitation. 1978 Professur an der Sektion Geschichte der Karl-Marx-Universität, seit 1992 Professor für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte an der Universität Leipzig. Buchveröffentlichungen u. a. *Bauernwiderstand und sorbische Volksbewegung in der Oberlausitz* (Bautzen 1966); *Zur Konstituierung des Proletariats als Klasse. Strukturuntersuchung über das Leipziger Proletariat während der industriellen Revolution* (Berlin 1978, München 1981); *Herr und Knecht. Figurenpaare in der Geschichte* (Leipzig 1990); *Ende einer Selbsterstörung. Leipzig und die Revolution in der DDR* (Göttingen 1993). — Adresse: Karl-Marx-Universität, Fachbereich Geschichte, Augustusplatz 9, D-04190 Leipzig.

Als ich ans Wissenschaftskolleg kam, hoffte ich, zwei größere Themen bearbeiten zu können, ein sozialgeschichtliches zum frühen 19. Jahrhundert, nämlich „Verlagsbuchhändler im Übergang vom 18. zum 19. Jahrhundert im deutsch-polnisch-tschechischen Vergleich“, und ein zeitgeschichtliches, „Die DDR von innen gesehen und erfahren“ (Arbeitstitel). Vor die Entscheidung gestellt, einem der Gegenstände den Vorrang zu geben, entschied ich mich, zugleich auch einen hier geäußerten Wunsch bedenkend, für das zeitgeschichtliche. Die Arbeitsrichtung wurde mit folgenden Schwerpunkten angegeben: Alltag in der DDR, besonders 1987 bis 1989; die Vision einer anderen, besseren DDR; deren Entstehungsbedingungen und Scheitern; zur Rekonstruktion historischer Befindlichkeiten, Handlungen, Erfahrungen und Lebensweisen in den strukturellen Zusammenhängen von Arbeit, Herrschaft und Kultur. Angestrebt wurde die Vermittlung von Strukturen und Prozessen mit Handlungen und Erfahrungen.

Es ergaben sich zwei deutlich umrissene Arbeitsvorhaben, von denen Teilergebnisse unter dem Thema „Alltag in der DDR. Historische Zugänge zu einem plötzlich beendeten Lebenszusammenhang“ im Dienstagskolloquium am 30. März 1993 dargelegt und diskutiert worden sind; das zweite war Gegenstand eines Abendvortrags im Kolleg: „Umbruch durch

Ausbruch und Aufbruch. Die DDR 1989 und 1968". Die Verknüpfung zwischen dem, was sich 1968 in Ostdeutschland ereignete und bis 1989 nachwirkte, ist einer größeren Öffentlichkeit weitgehend unbekannt geblieben bzw. in Vergessenheit geraten. Es gibt also Gründe, daran zu erinnern, zumal im Nachbarland die Irritationen gegenüber 1968 zugenommen haben. Es scheint, als gäbe es Gründe, gegenüber einem Ereignis von ostmitteleuropäischer, ost- und südosteuropäischer Wirkung vor allem deshalb auf Distanz zu gehen, weil die Geschichte inzwischen einen anderen Verlauf genommen hat.

Der Prager Frühling wurde für die DDR zum zentralen politischen Ereignis des Jahres 1968; allein das Verstricktsein des Ulbrichtschen Politbüros in die Intervention und das Ausmaß der Mitverantwortung lassen dies erkennen. Der Versuch, den Sozialismus zu erneuern, die Tschechoslowakei zu demokratisieren und zu modernisieren, wirkte bis in den Herbst 1989 nach, als die friedliche Revolution in der DDR und die „sanfte“ Revolution der Tschechen und Slowaken das autoritäre System zerstörten. Beide Ereignisse entwickelten sich auch auf Grund der Erfahrungen von 1968. „Es lebe der Prager Frühling!“ riefen die Leipziger Demonstranten am 6. November 1989. Ohne die 68er wäre die Selbstbefreiung in beiden Ländern so nicht vorstellbar gewesen. Das Jahr 68 war für die Betroffenen voller erhebender wie niederschmetternder Eindrücke. In den Untergang der DDR und die Selbstbefreiung der Ostdeutschen ist beides eingegangen,¹ wobei die Jüngeren nicht minder starke Eindrücke von der Solidarnosé-Bewegung empfangen.

Tiefgehend in ihren Wirkungen und endgültig in ihren Resultaten waren die Folgen der Intervention vom 21. August 1968, denn sie setzten sich in der Versteinierung des Systems und in der lebensgeschichtlichen Entscheidung von Millionen Menschen gegen den diktatorischen Staatssozialismus durch zwei Jahrzehnte fort. Wie der Gang der Ereignisse zeigte, waren die sowjetischen Sozialismuserneuerungsversuche in der Zeit Gorbatschows außerstande, diese Entwicklung umzukehren. Als Gorbatschow startete, schien es, als kehre der Dubcek-Sozialismus in einer nachholenden Erneuerungsbewegung wieder, wenn auch mit dem deutlich erkennbaren Unterschied, daß Perestroika und Glasnost petrinisch begannen. Aber die Geschichte wiederholt sich nicht. Die 68er Ereignisse in der CSSR und den Paktstaaten sind in direkter Weise mit dem Untergang des Realsozialismus verknüpft. In ihren systemöffnenden wie systemsprengenden Folgewirkungen standen und stehen sie politisch in

¹ Vgl. Die 68er. Folge VI: H.Z.: „Auch die DDR hatte ihr 68er Erlebnis — der Prager Frühling weckte die Hoffnung auf Wandel“, in: *Die Zeit*. 11.6.1993.

einem Wirkungszusammenhang von einiger Dauer, den die 68er Ereignisse im westlichen Teil Europas in kulturellen, mentalen und anderen Veränderungszusammenhängen aufweisen.

Das für mich wichtigste Arbeitsergebnis ist ein druckfertiges Buchmanuskript zu diesem Thema;² ferner wird eine Studie zu 1968 in einem von Etienne François herausgegebenen Konferenzband erscheinen.³ Aus dem Kolloquium zum Alltag in der DDR und aus dem Abendvortrag ging ein größeres Manuskript für das Projekt „Sozialgeschichte der DDR“⁴ hervor.

Zu den zu einem früheren Zeitpunkt eingegangenen Verpflichtungen, die ich als Arbeitslast ans Kolleg mitgenommen habe, zählten mehrere Vorträge und Publikationsverpflichtungen; sie seien abschließend genannt: der Einführungsbeitrag zum wissenschaftlichen Symposium „100 Jahre Arbeitersport in Deutschland“,⁵ der Vortrag auf dem Friedrich-Harkort-Kolloquium des Westfälischen Wirtschaftsarchivs Dortmund „Bürgerlichkeit zwischen gewerblicher und industrieller Wirtschaft“ sowie die daraus entstandene Studie,⁶ ferner ein Aufsatz zur Sozialgeschichte von Unternehmern und Arbeitern.

Schließlich fiel in die Zeit meines Hierseins die Herausgabe eines Heftes von „Geschichte und Gesellschaft“⁸ sowie die Vorbereitung einer Sektion für den Historikertag in Leipzig, deren Thema „Verleger und Wissenschaftler. Lebenswelten in einer spannungsreichen Beziehung“ inzwischen

² Die erfrorenen Flügel der Taube. Tagebuch einer Krise. Die DDR 1968/69.

³ *Rok sedesâtj osmj: Das Jahr 68. Zeitgenössische Texte und Kommentare.*

⁴ „Umbruch durch Ausbruch und Aufbruch: Die DDR auf dem Höhepunkt der Staatskrise 1989. Mit Exkursen zu Ausreise und Flucht sowie einer ostdeutschen Generationenübersicht“ (erscheint in einem vom Arbeitskreis für moderne Sozialgeschichte e.V. Heidelberg herausgegebenen Sammelband *Sozialgeschichte der DDR*).

⁵ „Arbeiterbewegung in Leipzig vor der Jahrhundertwende“, Vortrag, April 1993, gehalten auf einem wissenschaftlichen Symposium in Leipzig aus Anlaß der Gründung des Deutschen Arbeiter-Turnerbundes im Jahre 1893.

⁶ „Anpassung durch Imitation und Innovation als ständiges unternehmerisches Wagnis. Carl und Gustav Harkort in Leipzig in Briefen an ihren Vater Johann Caspar Harkort IV. und ihren Bruder Johann Caspar Harkort V., 1815 bis 1865“.

⁷ „Klassenbildung und Arbeiterbewegung als Gegenstände dialektischer Sozialgeschichte“ (erscheint in *International Review for Social History*; hg. vom Institut für Sozialgeschichte Amsterdam).

⁸ Hartmut Zwahr (Hg.): Arbeiterbewegung und bürgerliche Gesellschaft. Sektion auf dem Deutschen Historikertag, Hannover 1992.

bestätigt worden ist. In diese Sektion werden einige Vorarbeiten zur Drucker- und Verlegergeschichte eingehen, die am Kolleg begonnen worden sind. Während des Aufenthalts in Berlin wurde die Fahnenkorrektur des oben genannten Buches über die Revolution in der DDR abgeschlossen.

Das Kolleg werde ich in dankbarer Erinnerung behalten. Es vermittelte Begegnungen seltener Art, wie ich sie bisher nicht hatte. Daß es zu höchst anregenden Gesprächen kam, die nachwirken werden, versteht sich von selbst.

Seminarberichte

Theoretical Evolutionary Biology

Symposium organized by Rüdiger Wehner
23-25 February 1993*

Participants: Leo Buss (Yale University), Dieter Ebert (University of Oxford), Walter Fontana (Santa F  Institute), James R. Griesemer (University of California, Davis — Wissenschaftskolleg), Peter Hammerstein (Max-Planck-Institut Seewiesen — Wissenschaftskolleg), Klaus-Gerhard Heller (Universität Erlangen), Laurence D. Hurst (University of Oxford), Wolfgang Jost (Biozentrum Basel), Jacob Koella (ETH Zürich), Barbara König (Universität Würzburg), Axel Meyer (University of New York, Stony Brook), Gunther S. Stent (Berkeley), E rs Szathm ry (University of Budapest — Wissenschaftskolleg), Michael Taborsky (Konrad-Lorenz-Institut, Wien), Diethard Tautz (Universität München), Paul Ward (Universität Zürich), Rüdiger Wehner (Universität Zürich — Wissenschaftskolleg).

At the turn of the century, when Darwinism was in eclipse, the famous geneticist and macroevolutionist Hugo de Vries once said: "I am not interested in the *survival* of the fittest, I am interested in the *arrival* of the fittest". By this he meant that Darwin's theory of evolution was one that accounted for how organisms are modified through descent, in modern parlance: how genes are modified by mutation, and how organisms change by selection on this variation. De Vries found that something essential was lacking, namely how genes and organisms came into being in the first place. He felt that the theory of evolution, in this sense, assumed the prior existence of the entities it was meant to explain.

The biologist Leo Buss and the theoretical chemist Walter Fontana addressed this fundamental and long-standing problem in a plenary lecture presented to the Fellows of the Institute and simultaneously opened a three-day symposium on theoretical aspects of evolutionary biology.

Actually, Leo Buss and Walter Fontana had been invited, together with some other US biologists, mathematicians and computer scientists, to work as Fellows of the Academic Year 1992/93 on a focal project dealing with theoretical aspects of the early evolution of life. However, in preparing for the joint work intended to be done in Berlin, the members of the group had started to work on their project so hard that they completed the main part of it prior to their arrival in Berlin, and hence did not feel inclined to spend a year at the Institute just contemplating their results. Apparently, the sheer announcement of the invitation to come to Berlin

* The seminar was sponsored by the *Otto-und-Martha-Fischbeck-Stiftung*.

had put the fellows-elected to work and yielded the results. If this were to become the rule in future years with future fellows, the "Wissenschaftskolleg" would reach its ultimate climax: the invisible college. Nevertheless, the animated discussion aroused by Buss' and Fontana's introductory lecture, and continuing, often heatedly, for three days, will have given the speakers pause for thought.

Would the biological diversity surrounding us be different if "the tape were played twice"? As with any historical progression, the history of life is the product of both contingency and necessity. While most modern evolutionary biologists place particular emphasis on the former aspect, Buss and Fontana focus on the latter. They argue that if we had the option of studying a controlled earth, we would observe that certain generic features of the evolutionary process recurred. Their statement is based on a computer model of an abstract chemical world, in which populations of molecules are supposed to interact by following certain sets of well-defined rules. Drawing upon a particular mathematical formalism, the lambda-calculus developed in the thirties, Buss and Fontana investigate the dynamics of the chemical reactions occurring in this abstract world. They observe that organizations of considerable complexity emerge and that such self-maintaining organizations can be combined hierarchically to produce new self-maintaining organizations. The most provocative statement they draw from their simulation is that self-maintaining organizations can emerge in the *absence* of selection.

In the subsequent discussion, their statement raised many a brow. While the authors claimed that the correspondence between their simulation and real life is intriguing, Eörs Szathmáry and Peter Hammerstein argued otherwise. In their view, Darwinian selection (between autocatalytic cycles of different lengths) is an intrinsic property of the Buss-Fontana model. For a while, then, the discussion seemed to boil down to semantics, i. e. how to define selection in general, and Darwinian selection in particular. In essence, however, the disagreement revolved around the question of how much emphasis should be placed upon generic versus contingent features of early biotic evolution, and what features of life might be expected to reappear if "the tape were rerun".

The fascination of this scientific inquiry and academic dispute, was readily conveyed to the group of young biologists who had been invited to participate in the workshop. Their fields of research and interest ranged widely from molecular and evolutionary genetics to behavioural ecology. Inspired by Buss' and Fontana's bravery to ask "big questions", they climbed up the evolutionary ladder and debated topics like intragenomic conflicts between genes, developmental potentialities and constraints of biological organizations, or the question of how phenotypic models of

evolution are rooted in the theory of population genetics. Beyond these topics, however, the most important result of all the discussing, arguing and debating that characterized this workshop was the experience for the contributors to have participated for a while in Grand Science in the Making, in which the accolade for success cannot be awarded yet fully to either side. This is a state of affairs, which hard-nosed scientists often find difficult to accept.

"Why are there so few steps?" an American song starts. It continues "Steps come by walking". Leo Buss and Walter Fontana are on the way.

(Rüdiger Wehner)

Ökologische und soziale Bedingungen des deutschen Einigungsprozesses

Seminar durchgeführt von Hans G. Nutzinger

14./15. Mai 1993

in der ehemaligen Akademie der Wissenschaften*

Im Rahmen seines Forschungsvorhabens führte Hans G. Nutzinger gemeinsam mit der seit 1989 bestehenden *Arbeitsgruppe Ökologische Wirtschaftspolitik* (AÖW) diesen Workshop durch, den das Wissenschaftskolleg durch die Übernahme der Kosten für die Bewirtung der insgesamt 31 Teilnehmer unterstützte. Die Teilnehmer waren ganz überwiegend Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler, davon gut ein Drittel aus den neuen Bundesländern.

Im einleitenden Vortrag von *Ulrich Petschow* (Sprecher der AÖW; Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin) wurden zunächst die veränderten Rahmenbedingungen der Umweltpolitik angesichts des deutsch-deutschen Einigungsprozesses und einer weltweiten Rezession untersucht. Dabei zeigte sich, daß angesichts dieser besonderen Schwierigkeiten einerseits jetzt altbekannte Frontstellungen der siebziger Jahre — Stichwort: Umweltschutz contra Arbeitsplätze — erneut aufbrechen und daß andererseits die besonderen Bedingungen des Einigungsprozesses den einfachen Rückgriff auf „bewährte Rezepte“ nicht erlauben. Dabei richten sich die Herausforderungen nicht allein an den Staat, sondern nicht minder auch an die Gesellschaft, die einen gesellschaftlichen Diskurs über die notwendigen grundlegenden Veränderungen in Gang bringen muß.

Die Bewältigung der Altlastenproblematik in den neuen Bundesländern wurde in dem anschließenden Beitrag von Dr. *Walter Komar* (Institut für Wirtschaftsforschung, Halle) sowohl in methodischer als auch in empirischer Hinsicht untersucht. Dabei zeigte sich, daß trotz des gewaltigen Problemumfangs und der erheblichen Risiken und Unsicherheiten hier eine grundsätzlich bewältigbare Aufgabe vorliegt, die nach der vorgelegten vorläufigen Schätzung etwa 38 Milliarden DM für die Sanierung der Altstandorte und weitere knapp 12 Milliarden DM an Kosten für die Ablagerungen beansprucht. In der anschließenden Diskussion wurde

Das Seminar wurde unterstützt von der *Otto-und-Martha-Fischbeck-Stiftung*.

u. a. darauf hingewiesen, daß über der spezifischen Problematik in der ehemaligen DDR die bestehenden Probleme in der alten Bundesrepublik nicht übersehen werden dürfen, in der zum Teil der Stand der Erfassung von Altstandorten und Altablagerungen noch weitaus lückenhafter ist als in den neuen Bundesländern.

Die Transformationsprozesse in Mittel- und Osteuropa, die auch unter ökologischer Perspektive teilweise sehr viel ungünstiger ablaufen als in der ehemaligen DDR, war der Gegenstand des Referats von Dr. *Liane Möller* (Wirtschaftsforschung GmbH Berlin), die insbesondere die Notwendigkeit einer umfassenden ethischen Neuorientierung hervorhob. Demgegenüber wurde in der Diskussion auf die Notwendigkeit verwiesen, stärker an Funktionszusammenhängen und unmittelbaren Interessen der Beteiligten anzuknüpfen, damit ethische Postulate nicht als „systemwidrig“ und „dysfunktional“ erscheinen und so die ihnen beigemessene Wirkung gar nicht entfalten können.

Den letzten Beitrag des ersten Workshop-Tages lieferte *Eckhard Stratmann-Mertens* vom Ökoregio-Institut für ökologische Wirtschafts- und Regionalentwicklung (Bochum), der, teilweise auf der Basis einer von diesem Institut erstellten Studie, in sechs Thesen die Konsequenzen untersuchte, die sich aus dem Prinzip der Nachhaltigkeit und einem demzufolge notwendigen „Abschied vom Wachstum“ für die Wirtschaftspolitik im deutsch-deutschen Einigungsprozeß ergeben. Der Referent sah dabei zwar noch die Möglichkeit (und Notwendigkeit) von Wachstum in den neuen Bundesländern, jedoch — nicht zuletzt im Hinblick auf die globale ökologische Problematik — die Notwendigkeit für die Bundesrepublik insgesamt (und damit vor allem für die Altbundesländer), Abschied vom traditionellen Wachstumsmodell und auch von der Vorstellung eines generellen qualitativen Wachstums zu nehmen. Dieser Beitrag und die daran anschließende lebhaft Diskussions war für den Workshop besonders anregend und wegweisend, weil darin jenseits notwendiger Tagespolitik auch längerfristige Perspektiven erkennbar wurden.

Die Referate des zweiten Tages begannen mit einem Beitrag von Professor Dr. *Hans Nutzinger* (Wissenschaftskolleg zu Berlin/Universität-Gesamthochschule Kassel) und von Dr. *Christine Kunert* (Naturschutzbund Deutschland) zu dem Thema „Umweltschutz contra Arbeitsplätze: Der ökonomische Hintergrund und die absehbare Entwicklung“. Dabei wies Hans Nutzinger vor allem auf die ökonomischen, insbesondere auch regionalpolitischen Probleme einer sowohl zu schnellen als auch zu langsamen Lohnangleichung zwischen den alten und den neuen Bundesländern hin, während Christine Kunert anhand einiger Fallbeispiele aus den neuen Bundesländern zeigte, daß ökologische Interessen durchaus auch unter den besonderen Bedingungen hoher Arbeitslosigkeit und umfassen-

der Infrastrukturmaßnahmen zur Geltung kommen können, allerdings nur dann, wenn zugleich auch die ökonomische Problematik bestimmter Vorhaben, wie z. B. der bei Mukran (Rügen) geplanten Meyer-Werft, deutlich wird. In der anschließenden Diskussion wurde u. a. die Frage aufgeworfen, ob die starke Betonung der Arbeitskosten und der Probleme der Lohnangleichung tatsächlich so zentral für den ökonomischen Rahmen aller ökologischen Bemühungen in den neuen Bundesländern sei, wie dies der Referent dargestellt habe.

In einem zweiten Referat über das Thema „Standort Deutschland - Beschleunigung allerorten — eine Bestandsaufnahme der Erleichterungen für Unternehmen“ zeigte *Christine Kunert* dann die besonderen Probleme auf, die sich für den Umweltschutz, sowohl auf Verbands- wie auch auf Bürgerebene, durch gesetzgeberische Maßnahmen, wie etwa das Verkehrswegeplanungsbeschleunigungsgesetz, ergeben. Ihrer Analyse zufolge besteht die zentrale praktische Wirkung dieser Maßnahmen vor allem darin, daß nicht mehr über umfassende Alternativen nachgedacht und diskutiert werden könne, sondern daß nur noch geringfügige Variationen bereits festgelegter Projekte zur Diskussion stünden.

Andreas Koch vom BMU Bonn beschrieb schließlich unter dem Thema „Industriepolitik in ökologischer Absicht — was wären die Anknüpfungspunkte in den neuen Ländern?“ die vielfältigen Schwierigkeiten und Probleme, die sich für die praktische Umweltpolitik unter anderem daraus ergeben, daß wesentliche Vorgaben in anderen Ressorts, wie etwa dem Wirtschafts- oder dem Verkehrsministerium oder auch im Bundeskanzleramt, festgelegt werden, ohne daß eine wesentliche Einwirkungsmöglichkeit des Umweltministers besteht. In der anschließenden Diskussion wurde insbesondere die Frage nach der Sinnhaftigkeit der „industriellen Kerne“ im Rahmen einer wirklich integrierten ökonomischen und ökologischen Aufbaupolitik gestellt.

Den Abschluß des Workshops bildeten die Beratungen darüber, ob man eine gemeinsame Stellungnahme zur Frage „Wirtschaft und Umwelt im neuen Deutschland“ formulieren sollte, in denen die Erkenntnisse des Workshops in konzentrierter Form dargestellt werden könnten. Es wurde beschlossen, daß ausgehend von zwei Papieren — dem Entwurf einer Stellungnahme von Ulrich Petschow (AÖW Berlin) und von *Hans Diefenbacher* (Forschungsstätte der Evangelischen Studiengemeinschaft Heidelberg, zugleich auch Sprecher der AÖW) sowie von dem schriftlich vorliegenden Beitrag von Eckhard Stratmann-Mertens (Ökoregio Bochum) — Textvorschläge von den Interessenten dezentral erarbeitet und Hans Diefenbacher zur Koordination und Abgleichung zugesandt werden sollten.

Die Beiträge und die Diskussionen des Workshops erschienen als so interessant und auch tagespolitisch bedeutsam, daß sie in Form einer

Publikation im Metropolis-Verlag Marburg im Herbst 1993 veröffentlicht werden sollen.

(Hans G. Nutzinger)

AUFSÄTZE

Hans A. Weidenmüller

Komplexe Systeme in der Physik*

„Komplexe Systeme in der Physik — was soll das heißen? Ist nicht alle Physik komplex? Hat es Sinn, mehr oder weniger komplexe Systeme voneinander zu unterscheiden?“ So oder ähnlich mögen viele von Ihnen sich gefragt haben, als sie das Thema dieses Vortrags lasen.

Mit diesem Vortrag verfolge ich vier Ziele. Ein erstes Ziel besteht darin zu erklären, warum es sinnvoll ist, einfache und komplexe Systeme einander abgrenzend gegenüberzustellen. Ich will zeigen, daß und warum sich diese beiden Klassen von Systemen qualitativ verschieden verhalten. Ein zweites Ziel des Vortrags besteht darin, verständlich zu machen, warum komplexe Systeme einen grundsätzlich anderen physikalischen Zugang erfordern als einfache Systeme. Obwohl strikt kausal, läßt sich ihr Verhalten langfristig nicht in der gleichen Weise vorhersagen wie das Verhalten einfacher Systeme, und deshalb spielen bei ihnen Wahrscheinlichkeitsüberlegungen eine wesentliche Rolle. Es wird zu klären sein, wie der strenge Determinismus der Naturgesetze mit solchen Überlegungen in Einklang zu bringen ist. Ein drittes Ziel ist es darzulegen, daß physikalische Forschung sich nicht auf das Auffinden der elementaren Bausteine der Materie und der zwischen ihnen herrschenden Kräfte beschränken kann. Die Untersuchung komplexer Systeme lehrt, daß eine solche Kenntnis im allgemeinen nicht ausreicht, um das Verhalten von Objekten vorherzusagen, die aus mehreren Bausteinen bestehen. Deshalb vollzieht sich physikalisches Verstehen auf verschiedenen Ebenen, die dem betrachteten System und der jeweiligen Fragestellung angepaßt sind und miteinander in nur loser Beziehung stehen. Schließlich soll — viertens — gesagt werden, daß an komplexen Systemen Methoden des physikalischen Verständnisses entwickelt wurden und werden, welche verschiedene physikalische Disziplinen überspannen, welche in Chemie und Biologie hineinreichen, und welche zu einer neuen Gemeinsamkeit von Wissenschaftlern geführt haben, deren Forschungen ursprünglich ganz verschiedenen Teilgebieten der Physik galten.

Deutsche Fassung des Vortrags im Dienstagscolloquium vom 27. Oktober 1992 (veröffentlicht im *Jahrbuch 1992* der Max-Planck-Gesellschaft; Wiederabdruck mit freundlicher Genehmigung der MPG).

Einfache Systeme

Am Anfang moderner physikalischer Forschung steht die Vereinfachung. Sie ist nötig, um die Grundgesetze zu erkennen, die das Verhalten der Materie bestimmen. In seinen berühmten Fallexperimenten hat Galileo die Reibungskraft als unwesentliches Element des Geschehens auszuschalten gesucht. Das führte schließlich zu einem der Newtonschen Gesetze, welches besagt: Der Bewegungszustand eines Körpers bleibt unverändert, wenn keine äußeren Kräfte auf ihn einwirken. Der Begriff „Bewegungszustand“ bedeutet hier etwa das Drehen eines sich drehenden Kreisels oder das Fliegen eines fliegenden Steins. Ich wiederhole: Nach Newton bleibt der Bewegungszustand eines Körpers unverändert, wenn keine äußeren Kräfte auf ihn einwirken. Dieses Gesetz ist völlig verschieden von dem Postulat des Aristoteles, wonach — sinngemäß — die Bewegung jedes Körpers ihrem natürlichen Ende, nämlich der Ruhe, zustrebt. Während die Aussage des Aristoteles mit der unmittelbaren, alltäglichen Erfahrung übereinstimmt, ermöglicht das moderne, auf Experimente, Vereinfachung und Abstraktion gestützte Vorgehen das Auffinden der Naturgesetze, die allen physikalischen Prozessen zugrunde liegen. Grundlegend und beispielhaft für eine physikalische Theorie wurde die von Newton aufgestellte Mechanik. Sie zielt darauf ab, aus der Kenntnis der Kräfte zwischen den Bausteinen eines physikalischen Systems und aus der Kenntnis ihrer derzeitigen Positionen und Geschwindigkeiten die zukünftigen Bewegungen dieser Bausteine zu berechnen. Eine besonders eindrucksvolle Bestätigung fand diese Theorie in ihrer Anwendung auf das Planetensystem. Die von Kepler empirisch gefundenen Gesetzmäßigkeiten erschienen nun als das Resultat der Anziehungskraft zwischen Planeten und Sonne. Ich erwähne als Beispiel das erste Keplersche Gesetz: Die Bahnkurven der Planeten sind Ellipsen, in deren Brennpunkt die Sonne steht. Aus einem einfachen Kraftgesetz — die Anziehungskraft wirkt in Richtung der Verbindungslinie von Planet und Sonne und nimmt mit dem Quadrat des Abstandes ab — ergeben sich Bahnkurven von hoher Symmetrie. Im vorliegenden Fall sind es periodische Bahnen in der Gestalt einer Ellipse.

Die von Newton begründete Mechanik erwies sich in der Folge als ungeheuer erfolgreich. Ihren Anwendungen in der Himmelsmechanik und in der Ballistik folgte die Erschließung immer neuer Bereiche. Zugleich wurden ihre theoretischen Grundlagen erweitert und vertieft. Dieser Erfolg prägte das Denken der Physiker nachhaltig. Er führte zum mechanistischen Weltbild des 18. und 19. Jahrhunderts, zusammengefaßt in der Idee des Laplaceschen Dämons: Aus der Kenntnis der Naturge-

setze und aus der Kenntnis der heutigen Lagen und Geschwindigkeiten seiner Bausteine läßt sich die Zukunft des Universums bis in fernste Zeiten vorhersagen.

Wesentlich für dieses Weltbild ist offenbar das Postulat, aus der Kenntnis des Kraftgesetzes zwischen ihnen lasse sich die Bewegung der Körper präzise und in mehr oder weniger geschlossener Form langfristig vorherzusagen, so wie es für die Bahn eines Planeten um die Sonne ja tatsächlich der Fall ist (Abb. 1). Systeme, für welche dieses Postulat zutrifft, nenne ich ‚einfache Systeme‘. Aber nicht alle physikalischen Systeme sind notwendig einfach, und deshalb irrt das mechanistische Weltbild. Betrachten wir die Bewegung zweier Planeten um die Sonne (Abb. 2). In Abwesenheit des jeweils anderen wäre die Bahn eines jeden der beiden eine Ellipse, wie es die Abbildung suggeriert. Doch die wechselseitige Anziehungskraft beider Planeten (in der Abbildung nicht berücksichtigt) vermöge der Schwerkraft zerstört dieses einfache Bild. Zwar ist diese Kraft sehr viel schwächer als die Anziehungskraft durch die Sonne. Man hat deshalb lange geglaubt, diese Kraft sei als kleine Korrektur zur Ellipsenbewegung zu betrachten, und ihr Einfluß lasse sich langfristig und zuverlässig berechnen, mochten solche Rechnungen im Detail auch sehr mühsam sein. Dieser Glaube — knapp formuliert in dem Satz: kleine Ursachen zeitigen kleine Wirkungen — war notwendiger Teil des mechanistischen Weltbildes. Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts zeichnete sich ab, daß er nicht zu halten war, und die volle Einsicht in den Sachverhalt ist eine Frucht des 20. Jahrhunderts. Sie führt zur Unterscheidung von einfachen und komplexen Systemen. Doch davon später.

Zur Verdeutlichung des Begriffs sei das typische Verhalten einfacher Systeme an einem stark vereinfachten Beispiel illustriert. In abgewandelter Form soll dieses Beispiel später auch benutzt werden, um das Verhalten komplexer Systeme zu zeigen. Aus der Gegenüberstellung soll der eklatante Unterschied zwischen beiden Systemklassen deutlich werden.

Wir betrachten eine Kugel, die sich in einer Ebene reibungsfrei bewegt (Abb. 3). Von der Schwerkraft sehen wir ebenso ab wie vom „Effet“ der Kugel (ihrer Drehbewegung). Der Bereich, in dem die Kugel sich bewegen kann, ist außen durch ein Quadrat begrenzt. An seiner Oberfläche wird die Kugel elastisch, also ohne Energieverlust, reflektiert. Dabei gilt das Reflexionsgesetz: Einfallswinkel und Ausfallswinkel sind einander gleich. Bei jedem Stoß mit der Begrenzung ändert sich also die Richtung der Geschwindigkeit in völlig definierter Weise; der Betrag der Geschwindigkeit bleibt gleich. Dieses Reflexionsgesetz spielt hier die Rolle des Kraftgesetzes. Mit seiner Hilfe ist es möglich, die Bewegung der Kugel über beliebige große Zeiträume vorherzusagen, wenn Anfangsposition und anfängliche Richtung der Geschwindigkeit bekannt sind. Der Verlauf einer Bahn-

kurve ist für einen Stoß in der Abbildung eingezeichnet. Wir nennen ein solches System ein Billard.

Die bereits zuvor angesprochene wesentliche Eigenschaft einfacher Systeme — kleine Ursachen zeitigen kleine Wirkungen — ergibt sich beim Vergleich zweier Bahnkurven, die aus geringfügig verschiedenen Anfangswerten hervorgehen. Sind die Anfangsrichtungen der Geschwindigkeiten gleich, aber die Anfangspositionen leicht verschieden, so verlaufen die beiden Bahnkurven parallel: Der Abstand zweier Kugeln, die auf beiden Bahnkurven laufen, bleibt fest. Das ist auf der Abbildung 4 gut zu sehen. Sind die Anfangsrichtungen der Geschwindigkeit verschieden, so laufen die Bahnkurven auseinander. Der Abstand der beiden Kugeln wächst proportional zur Zeit, so wie wir es auch von der täglichen Erfahrung mit bewegten Körpern her gewohnt sind. Dieser Fall ist in der Abbildung nicht gezeigt, wird aber später noch verdeutlicht werden.

Der Siegeszug der Physik, begonnen mit der Aufstellung der Newtonschen Mechanik, beflügelt von der Untersuchung einfacher Systeme, setzte sich im 19. und 20. Jahrhundert in eindrucksvoller Weise, fort. Faraday und Maxwell gelang es, die Grundgesetze der elektrischen und magnetischen Erscheinungen in ähnlich geschlossener Form aufzustellen, wie es Newton mit der Mechanik geglückt war. Diese beiden abgeschlossenen Theoriegebäude (Mechanik und Elektrodynamik) wurden beispielhaft für das gesamte weitere Vorgehen der Physik. Einstein erweiterte die Newtonsche Mechanik zur Relativitätstheorie. Selbst die Quantenmechanik, eine Theorie submikroskopisch kleiner Systeme, wie Atome, Atomkerne oder Elementarteilchen, paßt in dieses Schema: Obwohl sie mit vertrauten Denkmustern brach und einen völlig neuen Wahrscheinlichkeitsbegriff in die Physik einbrachte, führte sie doch zur Aufstellung von Grundgesetzen. Aus ihnen läßt sich die Dynamik etwa eines im Wasserstoffatom gebundenen Elektrons präzise berechnen und langfristig vorhersagen — wenngleich mit den Einschränkungen, die der quantenmechanische Wahrscheinlichkeitsbegriff mit sich bringt. Und in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts hat die vom gleichen Impetus getriebene Suche nach den fundamentalen Bausteinen der Materie und nach den zwischen ihnen wirkenden Gesetzmäßigkeiten zu tiefen Einsichten in die Symmetrien der Welt geführt.

Der Glaube an das Bestehen fundamentaler Naturgesetze und an die Möglichkeit, aus ihnen langfristig gültige Vorhersagen zu gewinnen, hat nicht nur die Physiker beflügelt. Er bestimmt, mindestens im Halbbewußten, unser aller Weltbild: Die Welt ist rational erkennbar, aus dieser Erkenntnis gewinnen wir zuverlässige Vorhersagen und die Möglichkeit, Naturabläufe zu kontrollieren und zu lenken. Das Vertrauen in die

Zuverlässigkeit technischer Geräte, denen wir uns täglich anvertrauen, ist Ausdruck dieser Haltung.

Komplexe Systeme

Dem 20. Jahrhundert verdanken wir die Einsicht, daß die Kenntnis des Kraftgesetzes zwischen den Bestandteilen eines Systems dessen langfristige Vorhersagbarkeit nicht notwendig verbürgt. Solche Systeme heißen komplexe Systeme.

Diese Einsicht hat eine Geschichte. Sie bahnte sich an mit Untersuchungen Poincarés zum Dreikörperproblem in der Himmelsmechanik, also des bereits geschilderten Problems der Bewegung zweier Planeten um die Sonne. Wesentliche Beiträge stammen aus der Moskauer Schule um Kolmogorow. Doch im Westen erfolgte der Durchbruch erst in den 60er und 70er Jahren dieses Jahrhunderts. Damals erlaubte es die Verfügbarkeit schneller Rechner jedem interessierten Physiker, sich persönlich ein Bild von dem merkwürdigen Verhalten solch komplexer Systeme zu machen, für das die Mathematiker das Wort ‚Chaos‘ prägten und das seinen Ursprung in der nichtlinearen Dynamik hat. Einen wichtigen Beitrag leistete die Analyse der Wettervorhersage von E. Lorenz mit der Erkenntnis, daß auch hier naturgesetzlich geregelte Abläufe regellos und zufällig verlaufen können.

Ursprung und Folgen dieses für komplexe Systeme typischen Verhaltens seien wiederum an einem Billard erläutert. Es unterscheidet sich von dem vorher besprochenen dadurch, daß sich im Inneren des Quadrats ein Kreis befindet, an dessen Rand die Kugel ebenfalls elastisch reflektiert wird; auch hier gilt das Reflexionsgesetz. Die Kugel bewegt sich im Bereich zwischen Quadrat und Kreis. Nach einem russischen Mathematiker heißt dieses System das Sinai-Billard (Abb. 5). Bei exakter Kenntnis von Anfangslage und anfänglicher Richtung der Geschwindigkeit ist ihre Bahnkurve für beliebige Zeiträume vorherbestimmt. Der Unterschied zum einfachen System zeigt sich, wenn wir zwei Bahnkurven vergleichen, die sich in den Anfangslagen, oder den anfänglichen Richtungen der Geschwindigkeit, geringfügig voneinander unterscheiden, wie in der Abbildung 6 angedeutet. (Die Abbildung ist deshalb unvollkommen, weil sie nicht zeigen kann, daß selbst kleinste Unterschiede in den Anfangswerten zu stark auseinanderstrebenden Bahnkurven führen.) Verlaufen die beiden Bahnkurven zunächst fast parallel, so wächst ihre Verschiedenheit mit jedem Stoß. Nach nur wenigen Stößen kann man nicht mehr erkennen, daß sie aus fast gleichen Anfangswerten stammen. Das läßt sich in Zahlen fassen: Sind die beiden Anfangspunkte nur wenige Atomabstände

(einige hundert millionstel Zentimeter) voneinander getrennt, so genügt etwa ein Dutzend Stöße mit den Wänden, um jede ins Auge springende Gemeinsamkeit der beiden daraus entstehenden Bahnkurven zu zerstören. Wächst beim einfachen Billard der Abstand beider Kugeln proportional zur Zeit, so tut er es hier exponentiell: Kleine Ursachen zeitigen große Wirkungen.

Die außerordentlichen Folgen dieses Verhaltens für die Vorhersagbarkeit physikalischen Geschehens liegen auf der Hand. Aus praktischen und prinzipiellen Gründen ist es unmöglich, Lage und Geschwindigkeit eines Körpers (im Billard: der Kugel) völlig exakt zu bestimmen. Es bleibt immer eine Ungenauigkeit, ein Fehler. Bei einfachen Systemen ist das ohne Bedeutung: Der Abstand von Bahnkurven aus eng benachbarten Anfangswerten wächst proportional zur Zeit. Durch Verringerung des Fehlers in den Anfangswerten läßt sich der Fehler in der Prognose proportional verringern oder der Gültigkeitszeitraum der Prognose bei festem Fehler proportional verlängern. Ganz anders bei komplexen Systemen: Kleinste Fehler in den Anfangswerten führen zu dramatisch (exponentiell) wachsendem Fehler in der Vorhersage; eine Verringerung der Anfangsfehler verbessert weder den Fehler in der Prognose noch ihren Gültigkeitszeitraum in signifikanter Weise. Jenseits einer festen, für das System charakteristischen Zeit wird jede Vorhersage unmöglich, und das System verhält sich so, als sei es nicht durch Gesetze determiniert, sondern zufällig. Daher der Name ‚deterministisches Chaos‘: Strikte Gesetzmäßigkeit, strikte Kausalität sind mit zufälligem Verhalten verträglich. Die determinierende Kraft eines Naturgesetzes schließt die chaotische Entwicklung eines Systems in der Zeit nicht aus.

Man mag einwenden, daß all dies eine gedankliche Spielerei und deshalb bedeutungslos sei, weil einfache Systeme in der Natur die Regel und komplexe Systeme die Ausnahme seien. Zu den Einsichten dieses Jahrhunderts gehört auch die, daß das Gegenteil wahr ist: Die einfachen Systeme sind die Ausnahme, die komplexen die Regel. Der lange vorherrschende, auch im Aufbau physikalischer Vorlesungen zutage tretende umgekehrte Eindruck kam dadurch zustande, daß das Hauptaugenmerk so lange einfachen Systemen gegolten hat. Dies ist auch eine Folge des Umstands, daß es keine Rechner gab und die Physiker auf exakt lösbare Beispiele angewiesen waren, die notwendig einfachen Systemen zugehören. Dieser Eindruck war eine wesentliche Stütze des mechanistischen Weltbildes. Heute treffen wir überall auf komplexe Systeme: in der Strömungsforschung, in der Mikroelektronik, in der Struktur von Galaxien, bei offenen chemischen Reaktionen, in der Geophysik, in der Klimafor-schung. Gerade diese Ubiquität komplexen Verhaltens ganz verschiedener physikalischer Systeme ist es, die Forscher aus disjunkten Teilgebieten der

Physik zusammenführt. Gemeinsam suchen sie nach neuen Wegen, um das Verhalten komplexer Systeme zu beschreiben. Denn der seit Jahrhunderten vorgezeichnete Weg (im Falle des Billards die Voraussage der Bahnkurve) ist nicht gangbar. Darauf ist noch zurückzukommen.

Das oben besprochene Billard ist ein abgeschlossenes physikalisches System. Die meisten komplexen Systeme, die uns in der Natur begegnen, sind offen: Sie tauschen mit ihrer Umgebung Energie oder Materie oder beides aus. In vielem dem Sinai-Billard ähnlich, unterscheiden sie sich davon in einer wesentlichen Eigenschaft, die aus Zeitmangel hier nur genannt, aber nicht erläutert sei: in der Möglichkeit zur Bildung selbständlicher, fraktaler Strukturen und zur Selbstorganisation. Gerade diese Eigenschaft hat weitreichende Folgen für das Naturverständnis in Physik, Chemie und Biologie. Fraktale Strukturen ergeben außerordentlich attraktive Muster, die uns an vielen Orten in der Natur begegnen, etwa beim Blitz mit seinen Verästelungen oder in den Kristallen der Schneeflocken. Auch in den Objekten der Naturwissenschaften sind fraktale Strukturen allenthalben zu finden. Als Beispiel möge etwa die Ausbreitung eines dunkel gefärbten Flüssigkeitstropfens in einer grünen Flüssigkeit dienen (Abb. 7). Die Ausbreitung geschieht in sich immer feiner verästelnden Linien. Die Ästchen folgen in ihrer Verteilung einem Zufallsprinzip. Auf jedem Seitenzweig ist die Verteilung der Ästchen der auf dem Hauptzweig ähnlich (zufälliger Fraktal). Bei manchen Systemen (nicht dem im Bild dargestellten) lassen sich Seitenzweige von Seitenzweigen bis ins 10. oder 12. Glied verfolgen. Dann wird fraktale, selbstähnliche Struktur besonders deutlich.

Komplexes Verhalten gibt es auch in Systemen, die so klein sind, daß sie der Quantenmechanik gehorchen und nicht (wie die bisher angesprochenen Systeme) der klassischen Physik: Atome, Moleküle, Atomkerne. Dieses Gebiet ist noch wenig erschlossen, verlangt es doch eine Vereinigung des quantenmechanischen Begriffes der Wahrscheinlichkeit mit dem aus der chaotischen Dynamik geborenen Begriff des zufälligen Verhaltens.

Naturgesetz und Wahrscheinlichkeit

Die gewonnene Einsicht in das Verhalten komplexer Systeme und ihre Ubiquität führt zu grundlegenden Fragen: Wie sind langfristige Vorhersagen für komplexe Systeme überhaupt möglich? und: Was ist die Rolle eines fundamentalen Kraftgesetzes in der Physik? Zu welchen physikalischen Einsichten verhilft die Kenntnis des Kraftgesetzes zwischen den Konstituenten im Falle komplexer Systeme? Hier können nur einige Aspekte dieser Fragen kurz angeschnitten werden.

Bei der ersten — die langfristige Vorhersagbarkeit komplexer Dynamik — spielt die Zufälligkeit des Geschehens, gefaßt in der Form eines von der quantenmechanischen Version verschiedenen Wahrscheinlichkeitsbegriffs, eine wesentliche Rolle. Dieser Begriff hat hier informationstheoretischen Charakter. Er tritt auf in unmittelbarer Folge einer unvollständigen Kenntnis des Systems, nämlich der fehlerhaften Kenntnis der Anfangswerte. Im Falle des Sinai-Billardards etwa wird die Bahnkurve durch die Angabe ersetzt, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Kugel verschiedene Teile des ihr zugänglichen Gebiets erreicht, und in welchen Bereichen ihre Geschwindigkeitsrichtung dabei liegt. Damit wird *de facto* die strenge Kausalität des Naturgeschehens aufgehoben — nicht weil sie nicht gälte, sondern weil wir uns ihrer vermöge notwendig unzureichender Information nicht bedienen können. Die so erzwungene Kombination von strikter Gesetzmäßigkeit und Wahrscheinlichkeitstheorie ist ein interessantes und dankbares Thema. Bereits Ende des 19. Jahrhunderts hatten Maxwell und vor allem Boltzmann Wahrscheinlichkeitsüberlegungen in die Physik eingeführt und damit eine neue Disziplin, die statistische Mechanik, begründet. Damit waren sie auf den erbitterten Widerstand ihrer Zeigenossen gestoßen. Die Diskussion darüber, ob die statistische Mechanik aus der Newtonschen Mechanik folge oder zu ihrer Begründung eines neuen Postulats bedürfe, währte Jahrzehnte. Im Licht des heutigen Verständnisses komplexer Systeme darf sie als überwunden gelten. Das Interesse gilt heute nicht mehr so sehr dem thermodynamischen Gleichgewicht (wie vor 100 Jahren), sondern den offenen Systemen fern vom Gleichgewicht und ihrer statistischen Beschreibung. Hier steht die Theorie komplexer Systeme vor neuen Aufgaben.

Nun zur zweiten Frage, der Rolle des Kraftgesetzes in der Physik. Ich habe eingangs erwähnt, wie die Suche nach den Bausteinen der Materie und dem Grundgesetz ihrer Wechselwirkung wesentliche Teilgebiete der Physik beherrscht hat und noch beherrscht. Mindestens teilweise hatte und hat diese Suche als Triebfeder den Reduktionismus, also die Auffassung, das Verhalten zusammengesetzter Systeme lasse sich aus der Kenntnis ihrer Bausteine und dem Grundgesetz ihrer Wechselwirkung bestimmen. Hinter dieses Programm setzt das Verständnis komplexer Systeme ein großes Fragezeichen. Natürlich ist die Kenntnis der Bausteine und ihrer Gesetze wesentlicher Teil des Naturverständnisses überhaupt. Doch diese Kenntnis reicht nicht hin. Komplexe Systeme zeigen Strukturen und Regelmäßigkeiten und werden ihrerseits von Gesetzen beherrscht, die natürlich mit den elementaren Kräften zwischen ihren Bausteinen verträglich sein müssen, die wir aber bisher und wohl auch zukünftig aus diesen elementaren Kräften nicht herzuleiten vermögen. Komplexe Systeme in diesem Sinne mögen übrigens auch von Menschen konstruierte technische Systeme sein.

Man kann das Verhalten komplexer Systeme nicht im einzelnen vorhersehen. Man muß es statistisch beschreiben. Und physikalisches Verstehen heißt hier: einen Zugang zu finden, der der Komplexität eines Systems angemessen ist und der vielleicht nur in höchst bescheidener Weise davon Gebrauch macht, daß wir die Bausteine und ihre Kraftgesetze kennen. Das ist das Gebiet der Physik komplexer Systeme.

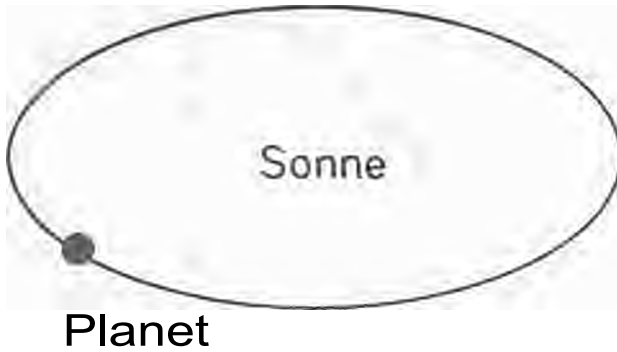


Abb. 1: Die elliptische Bahn eines Planeten um die Sonne (schematisch)

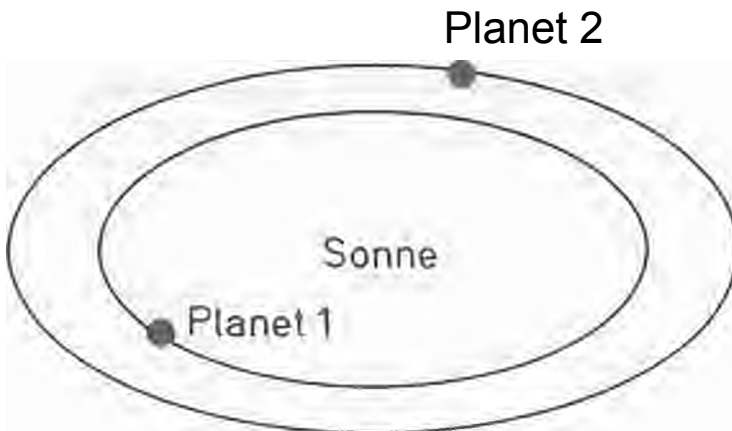


Abb. 2: Die elliptischen Bahnen zweier Planeten um die Sonne bei Vernachlässigung der wechselseitigen Anziehung beider Planeten (schematisch)

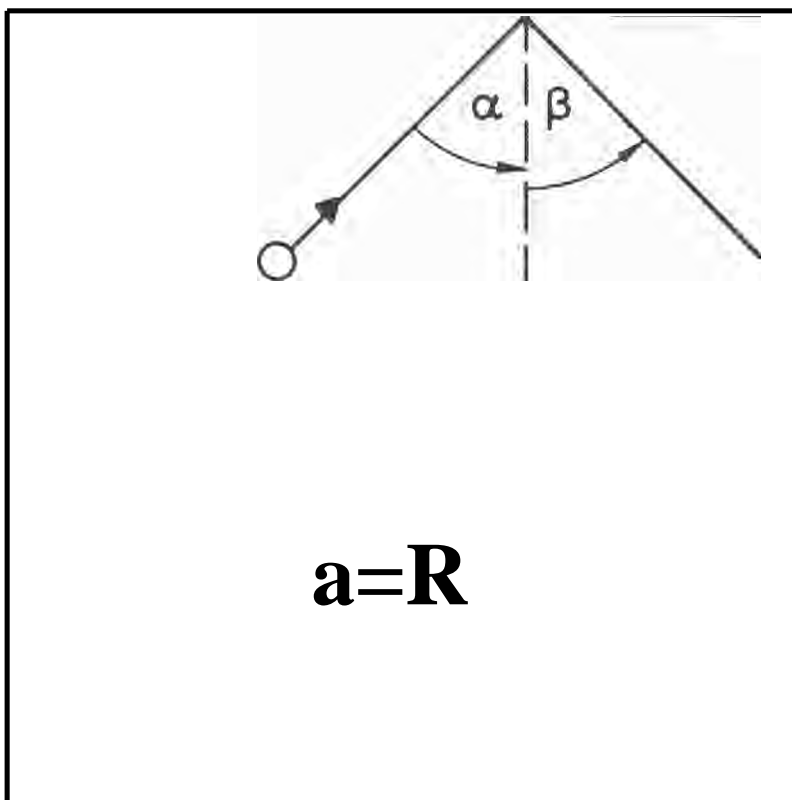


Abb. 3: Das Quadratische Billard als Beispiel eines einfachen Systems

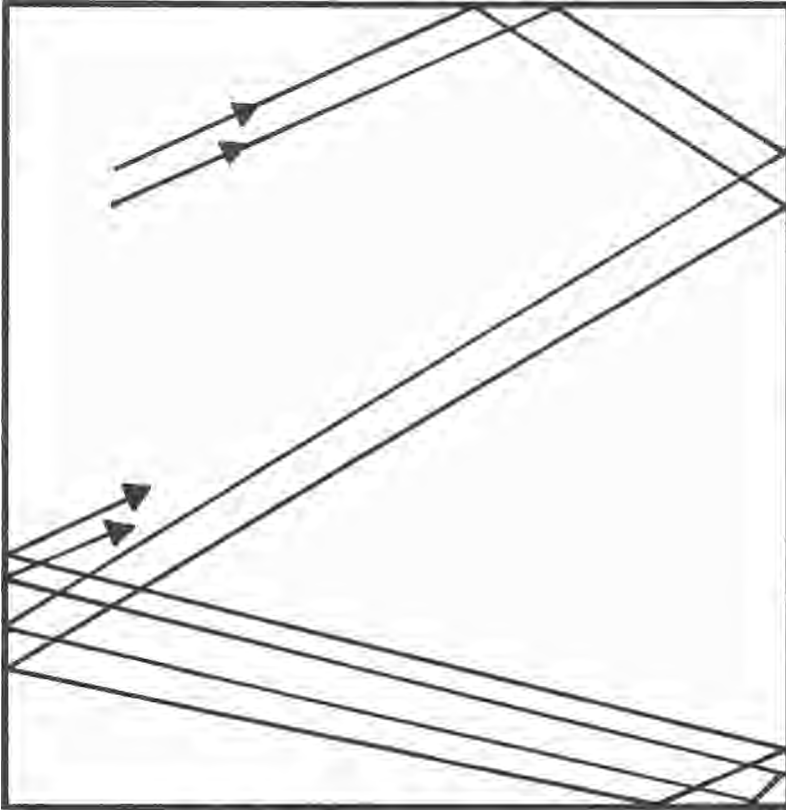


Abb. 4: Zwei Bahnkurven im quadratischen Billard

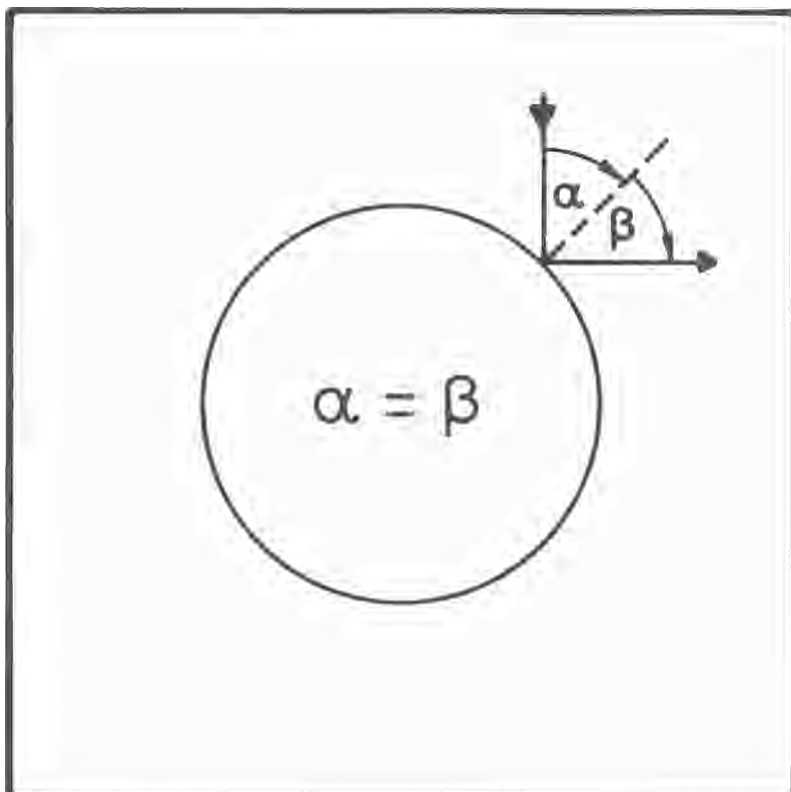


Abb. 5: Das Sinai-Billard als Beispiel eines komplexen Systems

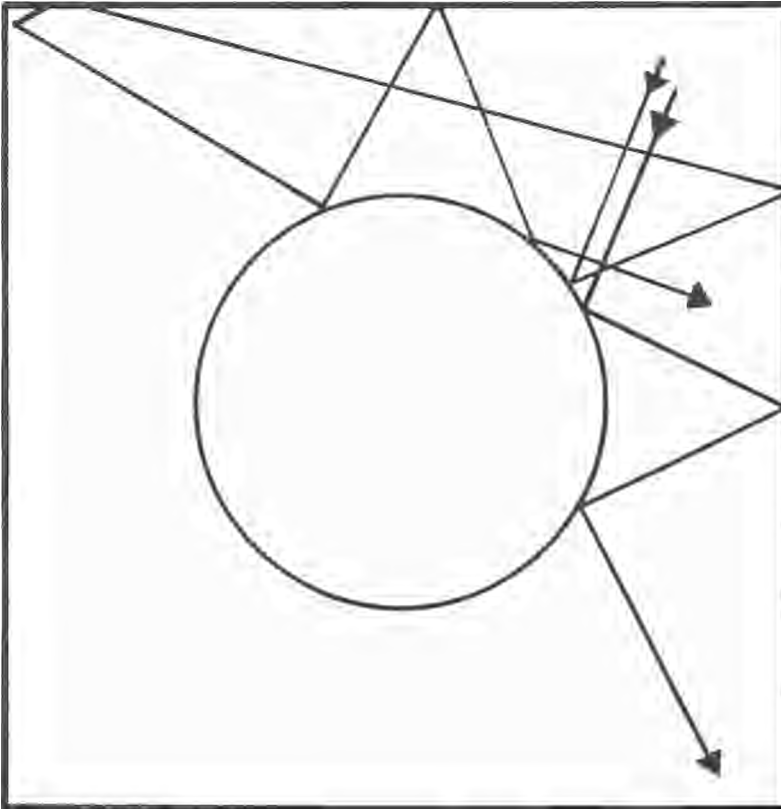


Abb. 6: Zwei Bahnkurven im Sinai-Billard

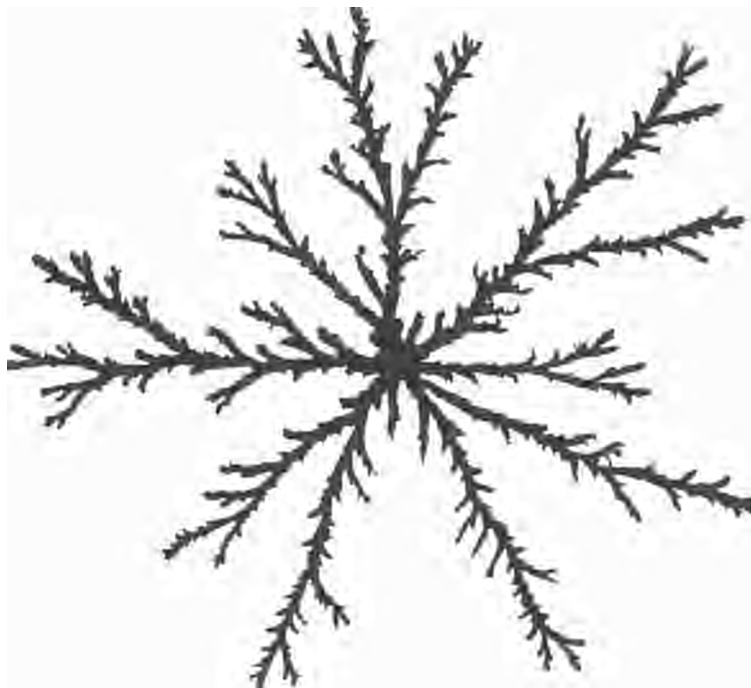


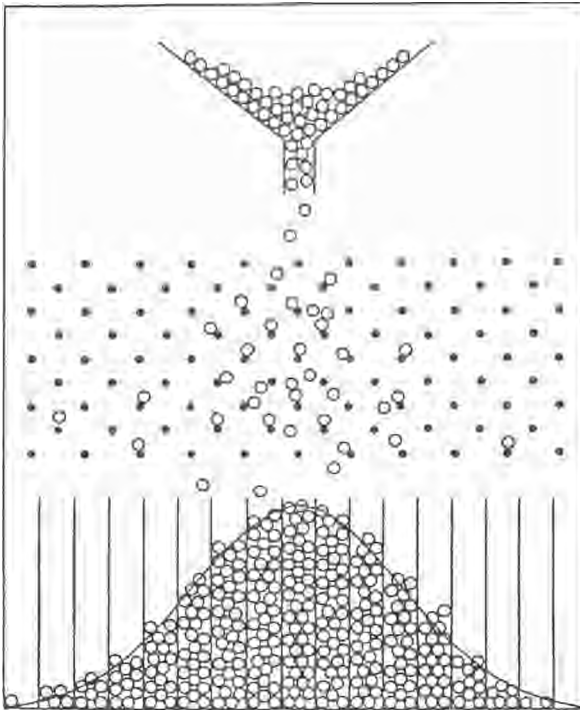
Abb. 7: Die Ausbreitung eines dunklen Tropfens in einer hellen Flüssigkeit als Beispiel fraktaler Struktur (Foto aus: D. Stauffer und E. Stanley, *From Newton to Mandelbrot*. Springer, Berlin 1990)

Pier A. Mello

Universality in the Statistical Description of Physical Systems*

The need for a statistical description [1,2]

In order to illustrate the idea, we present in Fig. 1 a setup, known as Galton's board, that we shall now briefly discuss. A marble falling from the top meets a large number of obstacles before it finally ends up in one of the



Hg. 1

* Colloquium presented at the Wissenschaftskolleg zu Berlin, March 2, 1993.

lower containers. At each obstacle, the marble can fall either to the right or to the left of it, so that, after many collisions, the trajectory is indeed a very complex one.

The trajectory is so sensitive to the "initial conditions" that, if we now observe a second marble falling from the top, we find, in general, a different trajectory and a different final container. This is an example of an *unstable trajectory*, for which *small changes* give rise to *large effects*. Thus, if we try to describe the above experiment using the laws of classical mechanics, we have to face the fact that ever longer trajectories become, in the long run, unpredictable. Does this mean that a description of the problem is hopeless? The answer is yes, adding that it will also be uninteresting, if we do not ask an *appropriate question!*

Suppose that, instead of trying to describe each trajectory in detail, we repeat the experiment many times and ask *what fraction of all the marbles ends up in a given container*. If we do that, we observe that a *statistical regularity* emerges: the *distribution* of marbles tends towards being a limiting one, the so called bell-shaped, normal or *Gaussian* distribution sketched in Fig. 1. The lesson we learn is that now we obtain a simple answer! We thus see that a statistical approach to the problem is not just the only feasible one, but, as we shall see further on, it may reveal features which would otherwise remain hidden.

As another illustration, consider the molecules of a gas in equilibrium inside a box: this is an example of a many-body system. In a classical mechanical description, each molecule follows a straight trajectory, until it collides with another molecule or with the walls of the container. The situation is even more complicated than in the first example, because now all the molecules move. Again, the complex, unstable trajectories occurring in this problem are not predictable in the long run, and a statistical approach is indeed more appropriate.

We can thus ask, for instance, what fraction of the molecules can be found in a certain range of velocities $So_x c5v 80$. The answer is given by the expression

$$\frac{e^{-\frac{mv^2}{2kT}}}{(2mkT/m)^{1/2}}$$

known as the Maxwell-Boltzmann distribution. In the above equation, m is the mass of each molecule, v the velocity, k a universal constant known as Boltzmann's constant and T the absolute temperature. We see that the answer is a Gaussian distribution centered at zero velocity and with a width which is related to the temperature of the gas. A concept like temperature, indeed a very important one, is revealed to us precisely when a sta-

tistical approach is adopted! We also notice that the Maxwell-Boltzmann distribution given above does not depend on the specific interaction between the molecules: i. e., for a given molecular mass and temperature, the distribution is given once and for all! This is an example of a *universal* behaviour, where the only physically *relevant* quantity is the ratio kT/m .

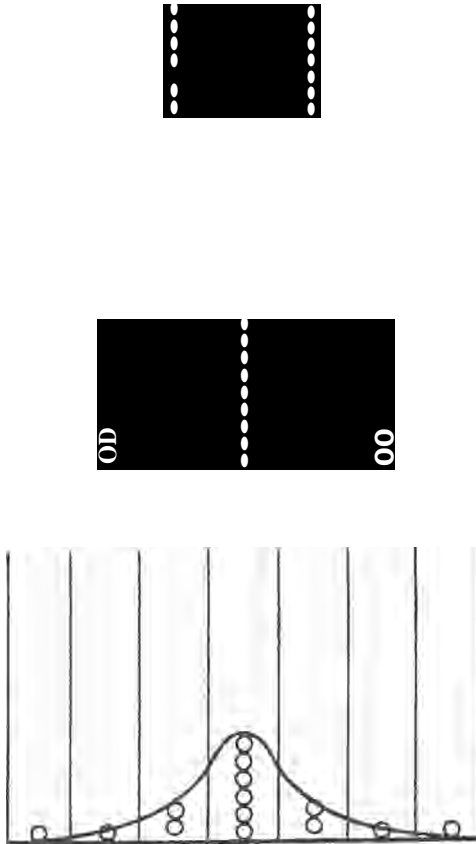


Fig. 2

The central-limit theorem [3]

This is one of the most powerful theorems in the theory of probability. We illustrate it here by means of a simple example. We assign the values 1 and -1 (indicated below as 1) to the two sides of an "unbiased" coin, that we use to do an experiment.

The first line in the figure indicates that the two sides occur with the same probability when the coin is tossed. If we now consider pairs of outcomes, we have the four possibilities shown in the second line. In the rightmost situation, i. e. 11, the sum of the outcomes is 2; this possibility occurs with the same probability as the leftmost one 11, that gives a sum of -2 , while the value 0 for the sum occurs twice as frequently. The third line shows the corresponding situation for triplets, and the fourth, for quartets of outcomes. The result gradually becomes similar to a Gaussian distribution! We could interpret the distribution of Fig. 1 as arising from a similar mechanism, where the variable taking on the values 1 and -1 is associated with the right and left displacements of the marble at each obstacle.

A limiting Gaussian distribution is actually approached for an arbitrary initial distribution of the independent variables that are to be added (actually with very mild restrictions)! This is the content of the *central limit theorem*, that was studied by De Moivre, Laplace, Poisson, Herschel, Lyapunov. The resulting Gaussian distribution contains only two parameters, or *relevant quantities*: centroid and width; these depend only upon the centroid and width of the original distribution, other details of the latter being irrelevant! Thus the central limit theorem describes a situation in which a *universal distribution* is attained, and uncovers the relevant quantities. We can also interpret the above situation in a very appealing way"•z.

Suppose that N objects are thrown at random in the slots of Fig. 3, with the only requirement that the distribution should have *given centroid and width*. One can show that out of all configurations fulfilling this requirement (three such possibilities are sketched in Fig. 3), *the Gaussian distribution is the one that occurs most frequently!* With a suitable definition of *information*, one can also show that the information carried by a Gaussian is *smallest* among those distributions having the same constraints.

The above observation allows us to rephrase the central limit theorem saying that the sum of a large number of statistically independent random variables (properly normalized; we shall not be more precise here) has a distribution that approaches one of minimum information among those having the same centroid and width! The latter are thus the only relevant quantities left in the problem. We can also interpret the Maxwell-Boltzmann distribution of molecular velocities as the one of minimum information for a given temperature, which is thus the only relevant quantity.

In what follows we shall see how some of the above ideas can be used successfully to study a number of problems in other branches of physics.

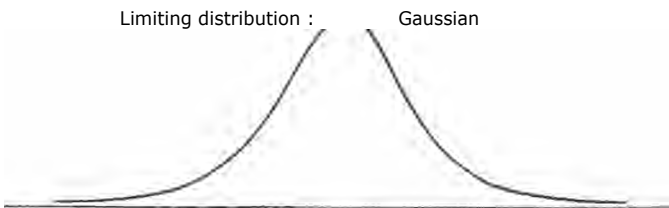
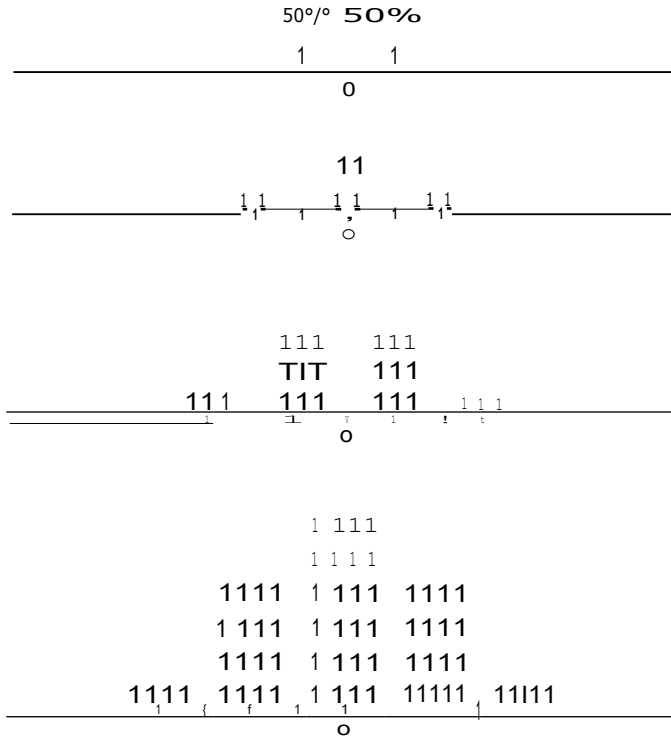


Fig. 3

Scattering problems in physics [1,2]

The oldest way that physicists have to study a system is to throw certain "projectiles" to it and analyze what "comes out": this is called a *scattering* experiment. In everyday life we turn on the light to "see" an object: in fact, what we do is analyze the scattering of light by that object.

In Fig. 4 we present the result of a scattering experiment intended to study an atomic nucleus: the "target" is an isotope of chlorine and the projectiles are protons, accelerated at the energy indicated in the abscissa of the figure: roughly 10 million electron volts. Part of what comes out are α -particles, whose number, detected at a fixed angle, is plotted in the figure.

We observe that the α -particle yield varies with energy in a very complicated way. Actually, nobody knows how to do a calculation, starting from the Schrodinger equation, to reproduce the complex behaviour shown in Fig. 4. But even if one did, one probably wouldn't learn much! Again, just as we saw in the previous sections, a statistical description, which is the only feasible one, may reveal features of considerable physical significance. In a statistical analysis one is interested, for instance, in the plot of Fig. 4 *smoothed, or averaged, over energy*, the size of the *fluctuations* around that average and, more generally, the full statistical distribution of such fluctuations.

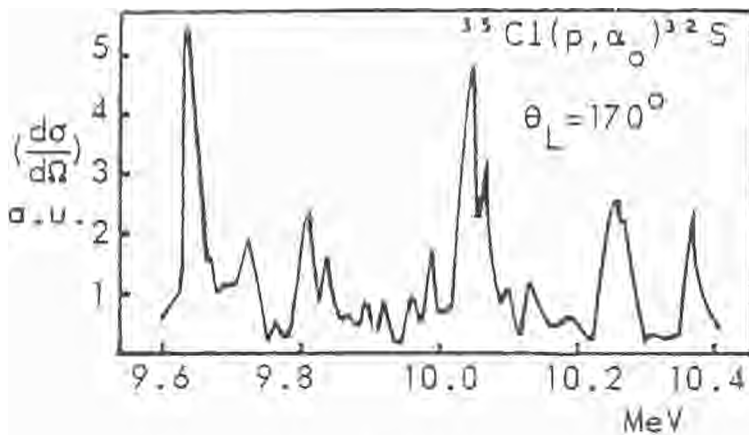


Fig. 4

In a number of problems like the one of Fig. 4 one has found that the *relevant* quantity is the smoothed out behaviour and that, once this is specified, the statistical properties are *universal!* Indeed, the actual statistical distribution carries minimum information among those distributions that have the same smoothed out behaviour! Although the present problem is more complex than the ones considered in the previous sections, and the resulting distributions are, accordingly, more complicated than the Gaussian distributions found there, it is remarkable that a similar philosophy applies.

What is really remarkable is that the notions of relevant quantities, information and universality allow a beautiful description of the statistical properties of a variety of systems whose dimensions differ by so many orders of magnitude. The typical size of an atomic nucleus is $\sim 10^{-14}$ m. In recent years there has been much interest in the electronic conduction in solid state devices called *mesoscopic*, whose typical dimensions are $\sim 10^{-6} - 10^{-7}$ m; an electron that moves inside such a system sees a random medium, and it is this fact that gives rise to statistical considerations. A similar problem of random scattering is encountered in the study of the propagation of electromagnetic waves in a disordered medium; in the case of microwave experiments one is dealing with macroscopic systems of the order of 1 m.

We would like to finish with the comment that, in a sense, the guiding philosophy of the above presentation is contained in William of Occam's (1300-1349) famous dictum:

"Essentia non sunt multiplicanda praeter necessitatem", known as the "Occam Razor". Occam's statement, which, literally, means: "Entities do not have to be multiplied beyond necessity", was rephrased by Bertrand Russell [4] as: "If in a certain science everything can be interpreted without a certain hypothesis, there is no reason to use it".

References:

- 1 P. A. Mello, "Macroscopic Approach to Statistical Phenomena", *Quantum Chaos and Statistical Nuclear Physics*, Springer Verlag, Berlin, 1986 (Proceedings of the 2nd International Conference on Quantum Chaos, ed. by T. H. Seligman and H. Nishioka). See also references contained therein.
- 2 P. A. Mello, "Theory of Random Matrices: spectral statistics and scattering problems". Lectures presented at the Miniworkshop on Nonlinearity *Chaos in Mesoscopic Systems*, held at the International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italy, July 1993. See also references contained therein.

- 3 M. G. Kendall and A. Stuart, *The Advanced Theory of Statistics*, Griffin, London, 1952, p. 193.
- 4 B. Russell, *A History of Western Philosophy*, (New York, 1945 / London, 1946) vol. II, part III, ch. VIII.

Axel Müller-Groeling

Random Scattering of Electrons in Magnetic Fields*

1. An Experiment

Untypically for a theorist, let me begin my talk with an experiment. Consider a tiny golden ring with a diameter of only 820 nm and a thickness of 40 nm. A greatly magnified picture of such a ring is given in Fig. 1. The ring is coupled with four contacts to the surrounding bulk material. These contacts or "leads" serve the purpose of injecting current into the probe and measuring the resulting voltage difference. It goes without saying that highly elaborate fabrication techniques are necessary to manufacture such a microstructure. The fabrication process usually involves the use of a computer-steered electron microscope and samples of the quality shown in Fig. 1 have become available only comparatively recently, i. e. since the beginning of the eighties. In 1985, a group of physicists at the IBM Thomas J. Watson research center in New York performed an experiment where they put this very ring into a static, homogeneous magnetic field, cooled it down to 0.04 K (four hundredth of a degree above the absolute zero of temperature), and measured its resistance as a function of the magnetic field strength. The resulting curve is shown in Fig. 2. Two prominent features of this curve catch the eye. While the overall behaviour is dominated by irregular fluctuations, local magnifications at arbitrary field strengths exhibit a rather regular, oscillatory shape. Interestingly, this curve is reproducible: Sweeping several times over the full range of magnetic field strengths the resistance will always follow the same highly complex pattern. Being a unique property of the specific sample such patterns have been called "magnetofingerprints".

In view of the complexity of the experimental curve it is certainly senseless to investigate every detail of the graph in Fig. 2. Instead, one should look for the generic properties of the data and, to put it in Pier Mello's words, "ask the right questions".

The "right questions" are concerned with aspects of the experiment that are independent of the particular sample under investigation such as the

Colloquium held at the Wissenschaftskolleg, March 9, 1993.

origin, the amplitude, and the magnetic field scale of the two main features of the curve. In the following, I will focus my attention on these issues.

2. Further Motivation

I claim that the IBM experiment demonstrates the *quantum mechanical nature* of the electron. One may, of course, legitimately ask why this is interesting and why one should bother to deal with these questions. The answer, I believe, is twofold. First, there is considerable *scientific* interest associated with the problem. Quantum mechanics is a theory originally developed for atoms and objects of similar size. The IBM experiment shows that this microscopic theory becomes relevant at unexpectedly large length scales (we have to keep in mind that 11.1 nm corresponds to a few thousand atomic distances). At these length scales the experimental physicist has comparatively direct access to several interesting quantities like, e. g., the resistance. Therefore experiments like the one performed at the IBM laboratory provide a sensitive test of our understanding of both quantum coherence (we will come back to this term later) and transport properties. This is my main personal motivation to investigate systems like the one in Fig. 1.

Second, research in this field may become very important for *technological* reasons. We are all aware of the tremendous progress in computer and chip design which has revolutionized our daily life over the past few decades. Highly integrated circuits have succeeded in reducing the costs and increasing the speed of the machines that were built from them. Unfortunately, within ten years or so, present-day computer technology based on the Silicon-MOSFET (*metal oxide semiconductor field effect transistor*) will have practically reached its limit. The reason is simple: a MOSFET has a minimal size. Upon further miniaturization the MOSFET loses the properties that were the basis of its proper functioning. Do we have promising new strategies to improve computer performance? Much effort has been invested in trying to replace Silicon by Galliumarsenide (GaAs), a material which allows for considerably higher speed. However, GaAs is expensive and difficult to handle and the prospects are at best unclear. A completely different strategy places emphasis on the development of machines with many parallel processors. This is certainly a very fruitful approach but it does not lead to further miniaturization. Currently, so-called exotic quantum effects are being discussed as the basis for novel ultrasmall quantum devices which might revolutionize microelectronics in a similar manner as the transistor revolutionized ordinary electronics. Optimistic scientists do not hesitate to dream of a supercom-

puter on a single chip. To pursue this kind of program, much research concerning the electronic behaviour of very small devices is called for. The IBM experiment described above exhibits at least one of those exotic quantum effects.

Furthermore, the problem I want to address in this talk is far more general than it might seem now. Also, there are certain connections to what is usually abbreviated as "quantum chaos". I will return to both of these points at the end of my presentation.

3. Constructing a Model

The first thing we have to take into account when we try to understand electron transport in solids is the regular crystal lattice of atoms. It was Felix Bloch in 1928 who formulated what is since known as the Bloch theorem. This theorem essentially states that electrons in a perfectly periodic solid propagate similarly to free electrons with certain modifications due to the lattice. Therefore we cannot expect such spectacular effects as in Fig. 2 from the interaction between electrons and periodic lattice. However, in reality there is no such thing as a perfect crystal. There are always defects in the crystal order or atoms of a different element irregularly distributed over the probe. I will refer to these deviations from perfect order collectively as "impurities". The distribution of these impurities depends on the history and the manufacturing process of the sample. For all practical reasons it can be considered to be random. The point of central importance is that the impurities act as obstacles for the electrons in the probe. In 1958 Philip Anderson emphasized the prominent role of these obstacles by focussing attention on the impurities alone, neglecting the perfectly ordered crystalline lattice. We will adopt this view in the following considerations.

Let us now formulate the theoretical model for the real physical system in Fig. 1. We consider a ring of finite thickness with one external lead on either side to inject and/or extract the current. Inside the body of the ring we assume a certain distribution of scattering centers (impurities). The whole ring is placed in a perpendicular, homogeneous magnetic field and the only interaction taken into account apart from the influence of the magnetic field on the electrons is the one between electrons and impurities. In view of this rather primitive model one may be tempted to ask whether we are dealing with a simple or even trivial problem. The answer to this question again has two parts. First, let us restrict ourselves to a purely technical level. We cannot calculate the conductance or, equivalently, resistance of our model for a particular fixed distribution of the impurities

due to the vast number of coordinates introduced by specifying all the individual impurity positions. Instead, one is led to consider an *ensemble* of impurity distributions (this is the statistical input into the model) and calculate statistical measures like the mean conductance or the variance of the conductance. The necessary averaging process is technically difficult and several mathematical methods have been developed for this purpose. Today, this problem can be considered to have been solved to a certain extent. Second, our model of course oversimplifies the real situation. We neglected the presence of additional interactions such as those between electrons and the lattice vibrations (phonons) or between the electrons themselves. The main reason why the IBM experiment was performed at very low temperatures was to avoid electron-phonon scattering. We will come back to this point later. To what extent the electron-electron interaction is important for understanding the properties of small metallic systems is presently being actively discussed.

4. Treating the Model

In classical physics the motion of, say, a point particle is given by Newton's equation. In quantum mechanics the notion of a point particle with well-defined position *and* momentum is abandoned and replaced by the so-called wave function governed by the Schrödinger equation. A wave function associates with every point in space a complex number c . Let us represent this complex number (which can be viewed as a *pair* of real numbers) by an arrow from the origin to some point in the plane. The x-coordinate of the arrow corresponds to one of the two real numbers (the "real" part, say) and the y-coordinate to the other (the "imaginary" part). Alternatively, we may characterize the complex number by the length of the arrow (the modulus $|d|$ of c) and the angle between the arrow and the positive x-axis (the phase ϕ). All wave phenomena, not only the wave function of quantum mechanics, can be represented in such a way. Superposition of two waves amounts to combining, for every point in space, the two arrows according to the rules of vector addition. The resulting field of arrows represents a new wave. The important role of the wave function is due to its physical interpretation: The squared length $|d|^2$ of the arrow at any given point is the probability of observing the particle (in our case an electron) at this same point.

We cannot rigorously solve the Schrödinger equation here. But we can discuss an intuitive picture emerging from the rigorous solutions. Let us for reasons of simplicity consider a rectangular sample with a certain fixed impurity distribution. We disregard the magnetic field for the moment. We

can visualize the electrons as plane waves propagating through the leads connected to our probe and eventually impinging on the impurities. As a consequence, a circular wave is formed around each single impurity and the resulting interference pattern soon becomes extremely complicated. An alternative and equivalent visualization is more suitable for our purposes here. Instead of wave fronts we now employ *paths* to characterize the electron's motion. Unfortunately, this picture is no less complicated than the previous one since we have to take into account *all possible* paths of the electron. When an electron path hits an impurity we have to allow for a continuation of this path in all possible directions. This corresponds to the circular wave of the previous picture. Whenever two paths meet, their superposition is calculated as described above by adding the two complex numbers at this point. The probability of an electron moving from A to B is given by the superposition of all possible paths connecting these two points. Two observations are of central importance for us. First, the probability of an electron penetrating the whole sample — a quantity closely connected to the conductance — is given by the superposition of very many complicated paths. Second, the values of the phase φ along the path depend only on the geometry of the path. To explain this last statement a little further we come to the notion of *quantum coherence*.

Let us fix two particular paths which originate from the same point at the left border of the rectangular sample and end at a common point on the right side. In between, however, they differ from each other. We assume in a first step that the second of our statements above is true, i. e. the phases depend only on the geometry of the path. Then, whenever these two paths contribute to the description of some electron's motion, the relative phase difference $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ between them is the same. Therefore the superposition of the complex numbers c_1 and c_2 associated with the two paths leads to the transmission probability

$$|c_1 + c_2|^2 = |c_1|^2 + |c_2|^2 + 2|c_1||c_2|\cos(\Delta\varphi).$$

This is called a coherent superposition. We note the dependence on the phase difference $\Delta\varphi$. If, on the contrary, we allow for time-dependent effects like lattice vibrations, the relative phase $\Delta\varphi$ becomes arbitrary. Depending on whether or not the electron interacts with a phonon (a process which changes the phases along the relevant paths), the final phase difference will assume any possible value. Since $\cos(\Delta\varphi)$ can either be positive or negative this means that the corresponding term does not effectively contribute at all and we have

$$|c_1 + c_2|^2 = |c_1|^2 + |c_2|^2.$$

This defines an *incoherent* superposition. A sample for which the experimental conditions are chosen such that only coherent and no incoherent superpositions can occur is called a *mesoscopic system*. The **IBM** experiment had to be performed at very low temperatures to reduce the lattice vibrations and thereby ensure that the conditions for the mesoscopic regime were actually met.

Having dealt with impurity scattering we turn to the effect of a magnetic field. The simplest case is that of a metallic loop having two contacts to the right and to the left with a magnetic flux through the opening. We disregard impurities and the magnetic field does not penetrate the body of the loop. Electrons injected into this loop have the choice of propagating through the upper or lower half, i. e. there are exactly two possible paths. Due to the famous Aharonov-Bohm effect (discovered in 1959), the corresponding relative phase ϕ acquires an extra contribution determined by the magnetic flux. Under ideal conditions the transmission through the loop is turned on and off as one varies the magnetic field strength forcing the two electron paths to interfere either constructively or destructively.

Before coming back to the original **IBM** experiment, we consider in an intermediate step the effect of a magnetic field on the transport properties of a rectangular sample. We have already said that the conductance is determined by a superposition of very many paths. Since we deal with a mesoscopic system, this superposition sensitively depends on the phases of all these paths. If we change the magnetic flux through our sample, the phases will readjust accordingly, the details of the interference will be altered, and the final result (the conductance) will differ slightly from its previous value. Due to the high number and complexity of the electron paths involved, these changes will not follow a regular pattern but appear to be rather irregular and erratic. These are the famous *universal conductance fluctuations* discovered in 1984.

After all these considerations understanding the **IBM** experiment is a simple matter. Instead of a rectangle we are dealing with a ring of finite thickness in a homogeneous magnetic field. A certain amount of flux penetrates the body of the ring and induces universal conductance fluctuations in the way just described. The flux through the opening of the ring gives rise to the Aharonov-Bohm effect and the ensuing oscillatory behaviour of the conductance or, as in the case of the **IBM** experiment, resistance. In principle, this quantum effect could serve to construct very small switches. The field scales, the typical variations of the magnetic field strength over which the oscillations or the irregular fluctuations occur, depend on the ratio of the magnetic flux in the ring and in the opening, i. e. on the geometry of the ring.

5. Conclusion and Outlook

I have promised to comment on the generality of the mechanisms discussed in my talk. In principle this talk could have been entitled "Wave Transport through Disordered Media". The transport of electrons through disordered solids is only one example. Many of our considerations also apply to such diverse processes as the penetration of light through regions with randomly varying index of refraction, of radio waves through fog, and of sound waves through randomly distributed geological structures in the earth. The last item plays a certain role in the search for gas and oil reservoirs. Of course, all these problems have their own peculiarities and difficulties. But the underlying physics, the scattering of waves from random obstacles, guarantees a great degree of similarity between them.

Finally, I would briefly like to point out three recent developments connected with the topic of my talk. First, let us recall the views of Bloch (perfectly regular crystal) and Anderson (totally disordered solid), respectively. Both views are rather extreme and it is very natural to expect that a combination of them gives rise to yet another variety of unexplored phenomena. Research in this direction has been intensifying in the last few years. Second, instead of investigating transport properties of *open* systems one can think of disconnecting a mesoscopic system from the external world and ask for the consequences of quantum coherence in *isolated* systems. The problem of the so-called *persistent currents* belongs to this category. Considerable progress concerning these questions has been made by the work of the physics group at the Wissenschaftskolleg. Third, much effort is currently spent manufacturing samples with few or no impurities. Such devices are called *ballistic*. They are realizations of quantum billiards and can serve to investigate the quantum analogue of classical chaos.

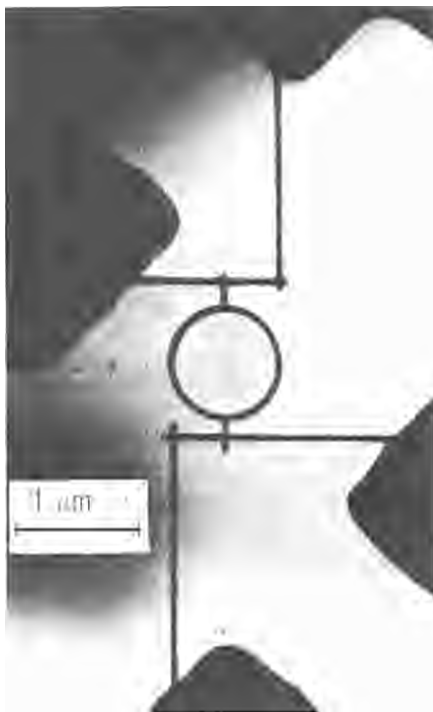


Fig. 1

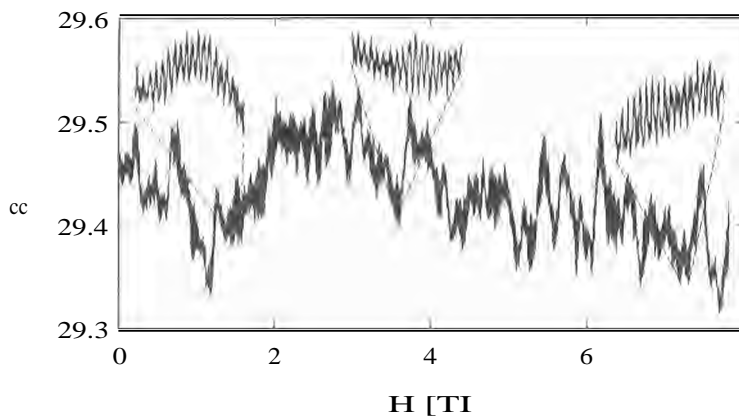


Fig. 2

Martin Zirnbauer

Renormalization — A Universal Tool of Modern Physics`

O. Introduction

The beginning of the 20th century saw several major breakthroughs in physics: Einstein formulated his theories of special and general relativity and Bohr, Heisenberg, Dirac and others unravelled the laws of quantum physics. These advances strongly shaped the path subsequently followed by physics, and they have also captured the fancy of some of the general public in spite of the fact — or perhaps because of the fact — that they describe phenomena far removed from our common experience and intuition. Einstein's theory of gravity is needed for the description of phenomena that occur over astronomically large length scales, i.e. over distances ranging from the radius of our solar system up to the radius of the entire universe. Quantum theory describes processes taking place at microscopically small length scales, in the mysterious world of atoms and subatomic particles.

Much has happened in physics during the six and a half decades that have passed since the heyday of quantum theory. Other major advances have been made that are comparable to those of Einstein and Bohr in their impact on physics: quantum field theory, spontaneous symmetry breaking, gauge theories, renormalization, critical phenomena, asymptotic freedom, fractals, spin glasses, chaos ... Each of these advances has brought a novel quality to physics by either opening up a new realm of reality or by changing our perspective of the consequences of existing theory. From the long list of major advances I have selected one topic, renormalization, for today's Fellow Colloquium. I made this choice because renormalization is an addition to modern physics with singular importance both for its internal consistency and for its predictive power.

For many a theoretical physicist, renormalization provides a calculational tool, a mathematical apparatus, enabling him to tackle a large variety of relevant and challenging problems that are too difficult to solve by any other known means. Needless to say, this practical and technical

* Colloquium held at the Wissenschaftskolleg, March 23, 1993.

aspect of renormalization is beyond the scope of what I can explain to an audience of the kind I am facing today. But in addition to being a calculational tool, renormalization in its modern formulation by Kenneth G. Wilson has become a general concept, a powerful framework in which to think — and sometimes speculate — about the properties of a large class of physical systems. Often it is not even necessary for the theoretical physicist to actually implement the cumbersome formal procedures of renormalization in order to make progress in his understanding. Rather, the mere knowledge that renormalization exists and operates in the way it does may be sufficient. More precisely, renormalization may guide the theoretical physicist in which aspects of a problem to focus on, it suggests relationships between seemingly unrelated physical systems, and it may lead to conjectures which can then be proved by detailed and sometimes painstaking work. It is these latter *conceptual* aspects that I consider to be of interest to a general audience, and I am confident that a fair idea of what they are can be conveyed to you in the sixty minutes I have.

Let me make it very clear right at the outset that I have contributed nothing at all to the development of renormalization. As a matter of fact, the modern view of the subject was already fully developed sixteen years ago when I began to study physics. The legitimacy of this talk derives from my fascination with the subject and from my having repeatedly been a *user* of renormalization in my past research. Moreover, I plan to continue to be a user of renormalization, mostly — as far as I can tell at present — in its application to the statistical theory of disordered systems, about which you have already heard a great deal in the talks of Hans Weidenmüller, Pier Mello and Axel Müller-Groeling.

My presentation will be divided into three parts:

1. The need for a cutoff
(the catastrophe of infinities)
2. Renormalization at work
— the general concept
— an example
3. Filter action and some consequences
— universality classes
— change of perspective

The first part comes with the subtitle "the catastrophe of infinities". The notion of infinity I am referring to here is a mathematical abstraction, but it is an abstraction you are all familiar with. Pick a large number and add to it the number one to produce a number which is larger yet. Continue the process of addition and you will produce a sequence of numbers that

grows beyond any bound. Increase beyond all limits is what implies the mathematical abstraction called infinity. Physicists — and, in fact, all natural scientists — use it constantly, for example when computing the derivative, or rate of change, of a smooth function. Nevertheless, the final outcome of any computation in physics, the value of any measurable quantity, such as the binding energy of the hydrogen atom, has to be *finite*, as opposed to infinite. In this latter sense, infinity has no place in physics. It therefore caused a severe crisis in physics when not just one but a whole multitude of infinities arose in the mid-thirties, as a result of physicists' attempts to combine Einstein's theory of special relativity with quantum theory to form what is called "quantum field theory". Because of its historical importance for the development of renormalization, I will try to give a hint of what the crisis was. By way of preparation, I will begin with another example that nicely illustrates the origin of the difficulty and has the virtue of being intelligible by common sense. It is an example that has become widely known through some popular textbooks on fractals.

1. The need for a cutoff

Consider the first drawing in Figure 1 which should remind you of the coastline of Britain, the largest of the British Isles. In fact, I made this drawing by opening the English section of a European road map with a scale of 1 : 10,000,000, selecting a sequence of points located on the British shoreline with a distance of about 100 miles from each other, and connecting the points by straight lines. Suppose now that, for some reason, we wish to know the total length of the British coastline. (We are the royal cartographers of a British monarch who has commissioned us to provide this information about the territorial extension of his lands.) For a first answer, we could take a ruler, measure the length of each of the linear pieces the drawing is composed of, add the lengths all up, and convert the result into the actual length by multiplying by 10,000,000. For the sake of the argument, let us assume that the outcome of this computation is 2,000 miles. The result so obtained is vulnerable to objection, however. After all, the British coastline is not straight over distances of 100 miles but is a highly structured curve, protruding into the sea and receding from it in irregular succession. This is indicated by the second drawing in Figure 1, which shows the segment between Fort Wrath and Ullapool magnified. So let us refine the estimate and base our computation on a more accurate representation of the British coastline, connecting by straight lines a sequence of points on the shore only 10 (rather than 100) miles apart. By the same procedure as before, we will then find that the result for the total

coastal length has gone up, to about 4,000 miles or so. Continuing the process, we might turn to data (taken by a high-resolution satellite camera, for example) accurate down to one mile, a tenth of a mile, a hundredth of a mile, and so on, and we would obtain an ever increasing sequence of total coastal lengths, 8,000 miles, 15,000 miles, 25,000 miles and so on.

It is now clear what I am driving at: the question posed (what is the total coastal length of Britain?) has no unique answer. In order to succinctly state the observations made so far, let the word "cutoff scale", or "cutoff" for short, mean the distance at which the linear approximation is applied. We can then say that the result for the total coastal length is *cutoff-dependent* and increases as the cutoff is lowered, i.e. as we measure it on a more and more refined scale. The rate of increase is a measure of the "roughness" of the coastline. If we assume coastlines to be rough on all length scales, even the very smallest, then the total coastal length grows beyond all bounds and becomes infinite as the cutoff is reduced to zero. You might argue, however, that such an assumption becomes meaningless at length scales below the size of a sand grain where the exact location of the boundary between land and sea is no longer well defined. Put differently, coastlines have a natural minimal cutoff, and from a pragmatic point of view we need not worry about infinity which arises here just because a mathematical abstraction is pushed to its limit.

The second example, which I will turn to now, gives more reason for worry. To begin, let me remind you that physics makes a distinction between matter and light, and that matter and light exert influences upon one another; we say that they *interact*. Matter produces light when forced to change its state of motion; a surface separating two different types of matter partially or totally reflects light; and light on its passage through matter may be absorbed by the matter and converted into heat. All these statements are easily verified by experimental observation. What is less easily done is to formulate a quantitative *theory* that explains the huge body of empirical knowledge about light and its interaction with matter now available. Twentieth century physics has produced such a theory; it is called QED (quantum electrodynamics).

In what follows I will first list some empirical facts basic to QED and then indicate how the combination of these facts led to a severe tangle with infinity and the need for introduction of a cutoff. First the basic facts.

- (1) Matter consists of *elementary particles*, i.e. entities which are, for all that we know, indivisible. The property of an elementary particle that makes it interact with light is its *charge*. The most abundant negatively charged elementary particle, responsible for most of the interaction of matter with light, is the *electron*.
- (2) Light, although it has fooled many eminent minds into believing it to

be a continuum with wave-like properties (my apologies to our Professor Häberle: Goethe, alas, was mistaken), consists of particles, too, a view already held by Newton and unequivocally confirmed by experiment at the beginning of our century. Light particles are called "photons" in physics.

- (3) Photons and electrons follow the laws of quantum theory, which are probabilistic and prohibit our asking questions of too detailed a kind (Heisenberg's uncertainty principle). An example of a permissible question to ask is the following: given that an elementary particle was at point A at time t_1 , what is the probability for the particle to be at point B at a later time t_2 ? To compute this probability we should consider all possible "paths" (two typical examples of which are shown in Figure 2) leading from A to B in time $t_2 - t_1$, and we should calculate a certain weighted sum over all of these paths.'
- (4) Electrons, by their property of carrying charge, may both emit and absorb photons at any point in time and space.

One of the prominent consequences of principles (1) — (4) (with minimal further input of a technical kind) is a description of the process of scattering of photons by electrons. Consider Figure 3a, which shows a typical path of an electron first absorbing a photon at point A and then re-emitting a photon somewhat later at point B . This process of absorption and re-emission changes the energy and momentum of the photon. It is called "Compton scattering". Now, by principle (4), the electron may emit and reabsorb yet another photon (p') while on its way from A to B , see Figure 3b, and by principle (3), to calculate the probability for Compton scattering we must sum over all possible locations for absorption and re-emission to occur and over all possible paths taken by the electron and the photon p' in the intervening time. Here is the point where disaster strikes: the sum over intermediate paths turns out to be infinite! The mathematical reason for this is that what we are required to calculate by the laws of quantum theory is a sum over paths which are *rough on all length scales*. Thus there is a certain analogy to the British coastline, which became infinitely long when roughness was assumed to persist down to arbitrarily small length scales.

The difficulty is related to our notion of elementary particles as point-like objects: neither the photon nor the electron, to the best of our knowledge today, has a finite size that might serve as a natural minimal cutoff. Note that the appearance of difficulties upon assuming objects to be

I What exactly the weight factors are in this sum I will not tell you since this would require making a mathematical excursion that would distract from the purpose of the talk.

point-like is a novel feature of quantum field theory not present, for example, in Newtonian physics. It is an excellent approximation, for the purpose of computing the orbit of the earth around the sun by Newton's laws, to idealize earth and sun as points. But even if this idealization were a bad approximation, it would still be *consistent*, in the sense that it would not give rise to difficulties of the kind that appear in QED.

Furthermore, the difficulty of infinities in QED is not easily discarded since it puts the predictive power of physics in jeopardy. It is true that for most practical purposes (let me mention here the theory of atomic structure, the theory of chemical bonding, and much of modern technology such as power generation, power transformation, telecommunication etc.) physicists do not need to resort to fully-fledged QED but can make do with simple approximate theories that, by virtue of their ignoring quantum theory (!), are free of the disease of infinities. Thus, the difficulty is more of a principal than of a practical kind, but in a science that claims to be basic to the other natural sciences, matters of principle are serious matters.

By 1948, about 15 years after the first appearance of infinities in QED, physicists had figured out a way of circumventing the problem. What they did precisely was to introduce a cutoff — as you would surely have guessed by now — and then to add so-called "counter terms" to eliminate those contributions that become infinite as the cutoff turns to zero. In this way, they turned QED into the quantitatively most successful theory of physics to date. The ad hoc procedure of introducing an arbitrary cutoff plus counter terms, however, left a bad feeling among many of the physics community since it gave the appearance of being a dirty trick that, in the words of CalTech physicist Richard Feynman, simply "brushed the problems under the rug". In fact, textbooks published as late as the mid-seventies declared QED and quantum field theory in general to be seriously flawed. All this has changed with the advent of the modern view of renormalization. I will come back to this change of perspective in the third section, after showing you "renormalization at work".

2. Renormalization at work

Having paid due reference to the historical origin, I will now turn to the main part of my talk, an attempt to explain what renormalization is and how it works. The first notion to be introduced is that of a "micro system", which involves the following:

(i) a number of "degrees of freedom" a_1, a_2, \dots ;

- (ii) a set of interactions f_1, f_2, \dots determining the influences exerted by the degrees of freedom upon one another;
- (iii) a cutoff X guaranteeing that no infinities can possibly arise;
- (iv) a "theory" T , i. e. a set of mathematical rules for computing from the degrees of freedom and their interactions the observable properties of the physical system they represent.

For example, the degrees of freedom might be atoms in a solid, the interactions the chemical forces acting between atoms, the cutoff the interatomic distance (for many purposes we may ignore the complicated internal structure of atoms), and the mathematical rules would come from the laws of solid-state theory. In my second example, the degrees of freedom are electrons and photons (jointly called "fields"), the interactions are defined by the charge and the mass of the electron (also called "vertices"), the cutoff is arbitrary, as long as it is small enough, and the theory is QED, i. e. an elaboration of the rules (3) and (4) listed in part 1.

Let me emphasize that our notion of micro system is very general. The degrees of freedom need not be subject to, say, the laws of quantum theory but may be describable in classical (or Newtonian) terms. Similarly, the interactions can be quite arbitrary in their form and strength, with just one exception: they are required to be *local*. What this means is best explained by way of our two examples. Atoms in a solid can establish chemical bonds only with neighboring atoms but not with atoms far away in space (Figure 4a). A photon can be gobbled up by an electron (by virtue of the electrons carrying charge e) only when their paths cross (Figure 4b).

A micro system has observable properties which, at least in principle if not in practice, can be computed from the theory, given the degrees of freedom and their interactions defined at a certain cutoff scale. Examples of observable properties are (1) the heat capacity of a solid and (2) the probability for Compton scattering in QED. Those properties of a micro system which are observable at length scales *much larger* than the cutoff scale are called the "macro properties". Physics aims at the often highly nontrivial goal of predicting these macro properties from a knowledge of the micro system only.

With all these preparations made, we now imagine in addition to the micro system $S_1 = (a_1, a_2, \dots; f_{1,2}, \dots; X; T)$ another micro system $S_2 = (A_1, A_2, \dots; F_1, F_2, \dots; A; T)$. The second one differs from the first one in that the cutoff is larger and the degrees of freedom are fewer. (The set $\{A_1, A_2, \dots\}$ will typically be a subset of $\{a_1, a_2, \dots\}$.) In Example 1, we might take for the cutoff *two* interatomic distances and select for the degrees of freedom the subset of white atoms in Figure 5a, which constitute only one fourth of the total number of atoms. In Example 2, we might require that the electron and photon paths to be summed over are straight over dis-

tances of $2^x \cdot 10^{18}$ meters instead of 1×10^{18} meters. Suppose now that the interactions F_1, F_2, \dots have been chosen in such a way that the macro properties of the first and second micro system coincide. Then, since we are concerned with no more (and no less) than the prediction of macro properties, the second micro system is just as good for our purposes as is the first one. We say that the two micro systems are "macro-equivalent", and we call the second one a "renormalized" micro system.

You may wonder about the logic of all this, since our definition of renormalized micro system makes reference to the macro properties which, after all, it is our aim to compute! The crucial point is that physicists have established ways of constructing renormalized micro systems *without* going through the intermediate step of calculating the macro properties, provided that the interactions are local. Example 1: According to solid-state theory, the heat capacity of a solid composed of atoms vibrating from thermal excitation, is calculable from the so-called partition sum, of which we only need to know here that it is a certain statistical sum over the positions and velocities of all atoms in the solid. To construct the renormalized micro system S_2 what one does is to compute a partial sum, i. e. a sum over the positions and velocities of all the black atoms in Figure 5a, which are not part of S_2 . (The sum for the white atoms is done later.) When this partial sum has been carried out, the black atoms have served their purpose — all they ever do is to vibrate and by doing the partial sum we have already taken this fully into account —, so they can be dropped and we arrive at the renormalized micro system (Figure 5b). The only remnant of the existence of the black atoms are forces acting between the white atoms, which we take for the renormalized interactions F_1, F_2, \dots . Similarly in Example 2, the renormalized interactions can be constructed by a clever way of organizing the sum over electron and photon paths.

In summary, renormalization is a function that assigns to every micro system S_1 a renormalized micro system S_2 by increasing the cutoff and decreasing the number of degrees of freedom while adjusting the interactions so as to leave the macro properties unchanged. We denote this function by R , in formulae: $S_2 = R(S_1)$. You will now ask why all this is useful and why, given the fact that the macro properties are already completely determined by the knowledge of S_1 alone, one should go through the process of constructing the auxiliary micro system S_2 at all. The usefulness of renormalization derives from the following features:

- (1) depends only on the *change* of cutoff (i. e. on the ratio A / k) but not on the cutoff a , itself.
- (2) can be *iterated* to produce a sequence of renormalized micro systems $S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow \dots \rightarrow S_n \rightarrow \dots$

(3) ' has the characteristics of a *filter*. (What this means will be explained in more detail later.)

These features make it possible to treat micro systems whose degrees of freedom conspire to interact in such a subtle manner as to make the computation of the macro properties extremely difficult if not impossible by any conventional technique. An example of such a "hard-to-treat" micro system, where renormalization is the only known method of solution, is given in the following. The example is *not* a standard textbook example but was chosen because it nicely illustrates all the important features while avoiding concepts that are unfamiliar to someone not trained in physics.

Let us consider two interfaces, and let us imagine that these interfaces exert a force upon one another (Figure 6 a). For concreteness, we take the first interface to be the boundary between a solid and a liquid, and the second one to be the boundary between the (same) liquid and a saturated vapor. (This choice, however, is not essential for what follows.) For such a physical system in equilibrium, there exist two distinct possibilities: the two interfaces may be bound to each other, or they may be unbound and dissociate. Suppose now that the forces acting between the two interfaces have been given to us and that the interfaces are in thermal equilibrium. It will then be our aim to predict which of the two possibilities is the one that is realized, the case of bound interfaces or the case of unbound interfaces.

The motivation for considering such a problem comes from the study of "wetting phenomena". Consider some vapor, say water in air, in contact with a solid surface. If the vapor is saturated and the surface cold, vapor particles may condense on the surface to form little fluid droplets (Figure 6b), a phenomenon vividly familiar to the Fellows living in the Villa Walter. We say that the liquid "partially wets" the surface. In addition, there exists the possibility for the liquid to make the surface completely wet by forming a continuous film as is shown in Figure 6c. (This occurs if the sum of the surface tensions of the solid-liquid and liquid-vapor interfaces does not exceed the surface tension of the solid-vapor interface.) In the latter case of complete wetting, one may ask whether the liquid film grows to some well-defined finite thickness or keeps growing thicker and thicker by continued adsorption of vapor particles. It is this question of stable versus unstable film thickness that leads, at a certain level of abstraction, to the problem of interacting interfaces formulated above.

I repeat the question posed: are the two interfaces bound to each other or do they dissociate? The answer is easy to give when both interfaces are *smooth*, and it is the following. The force between the two interfaces must be repulsive when they come very close to each other, in order to avoid touching and thus annihilation of one interface, a possibility which is ruled out by our assuming the vapor's readiness to condense on the solid.

If the force is attractive at some larger distance, then by continuity there exists some distance d_0 where the force is zero and, in equilibrium, the two interfaces will be bound at this distance. If, on the other hand, the force is repulsive at all distances, then the interfaces will dissociate. These two alternatives are graphically depicted not in terms of forces but through the respective potentials in Figures 7a and 7b.²

The argument just given is qualitatively correct when both interfaces are *smooth*. However, we already know from the example of the British coastline, which can be viewed as an "interface" in two dimensions, that interfaces need not be smooth but may be rough under certain circumstances. This happens when gravity is weak or absent, and when the surface tension is sufficiently small, since then energy (favoring a smooth surface) is overcome by entropy (favoring an irregular surface which is statistically much more probable) to make the interface rough.

Let us now assume that the solid-liquid interface is smooth but the liquid-vapor interface is rough (Figure 8a). If the effects of roughness are small compared to the influence of the forces present, the situation is qualitatively the same as that analyzed before. Similarly, if the roughness dominates over the forces, the answer to the question posed is again simple: the interfaces dissociate. On the other hand, if the influences of roughness and attractive forces are comparable in size, the answer is far from obvious. Under these circumstances, we are neither able to compute the total force exerted by one interface on the other from simple considerations; nor can we base our prediction on considerations involving just a few atoms (i. e. a small part of both interfaces). The effects of roughness become operative only over lengths extending across many atomic units. Thus, what we are facing here is a physical system with very subtle collective behavior whose accurate prediction requires us to make calculations for a very large number of degrees of freedom. It is an example of a wide class of problems in physics known as "critical phenomena". In the absence of an exact solution, which is rarely available, the only known method of dealing with critical phenomena accurately is renormalization.

We shall model the problem of interacting interfaces by a micro system defined in the following way. The degrees of freedom a_1, a_2, \dots are the distances from the solid surface of the "interfacial points" marking the location of the liquid-vapor interface (Figure 8b). For the cutoff k we take the lateral distance between interfacial points and connect neighboring points by planar surfaces, which appear as straight-line segments in Figure 8b.

² Note that the "potential" of a force is a function with the property that its negative derivative equals the force.

There are forces acting between neighboring interfacial points and between interfacial points and the solid surface. The latter forces are given by a potential of the kind shown earlier in Figures 7a and 7b. Our theory is standard thermodynamics, which asserts that all equilibrium properties follow from the so-called canonical partition sum over all degrees of freedom (i. e. the interfacial distances in our case).

To construct the renormalization function we again organize the partition sum in steps. We first do the sum for all interfacial points colored black in Figure 8c while holding the white ones (whose sum is to be done later) fixed. In this way, the cutoff is doubled, the interactions are modified, and what emerges is a renormalized micro system (Figure 8d). We are particularly interested in the renormalization of the potential of the force acting between the interfacial points and the solid surface, since this holds the answer to the question whether the interfaces bind or dissociate. In Figure 9a, two different potentials are plotted (dashed and dash-dotted curves) together with the renormalized potentials produced by twenty applications of R (full curve). Two things are noteworthy here: (i) the renormalized potentials are purely repulsive telling us the nontrivial information that the interfaces dissociate in this case, and (ii) the renormalized potentials coincide. This is a general feature: all unbound micro systems of the kind considered renormalize to *one and the same* repulsive potential. Similarly, all bound micro systems renormalize to one of a one-parameter family of attractive potentials with increasing potential depth. (This is not shown in any figure here.) Finally, all micro systems that are critical, i. e. neither bound nor unbound, renormalize to the unique potential plotted as the full curve in Figure 9b. The dashed and dash-dotted curves in this figure are two examples of critical potentials.

3. Filter action and some consequences

We recapitulate: application of the renormalization function X' increases the cutoff of a micro system and, at the same time, adjusts the interactions in such a manner as to leave the macro properties, i. e. the quantities that are observable at scales much larger than the cutoff scale, unchanged. Notice that an increase in cutoff wipes out any detail of the forces acting below the cutoff scale. Because the number of degrees of freedom is reduced, the detail lost is irretrievable, and hence the process of renormalization cannot be reversed. This irreversibility is consistent with renormalization having the characteristics of a *filter*: some types of interaction are passed on to bigger cutoff scales with none or almost no change, others are completely held back or are substantially reduced. We saw a demon-

stration of this in the above example, where many applications of the renormalization function invariably gave rise to one of just three possible outcomes: a unique repulsive potential for every unbound system, a smooth attractive potential for every bound system, or the unique critical potential if the system is neither bound nor unbound. Thus, compared to the vast number of interactions that may occur in physical systems, it is only a very small number that actually passes the renormalization filter.

A micro system that survives many applications of the filter action with none or little change is called a "renormalizable field theory", or "renormalizable theory" for short. The set of micro systems which renormalize to the same renormalizable theory have the same macro properties. We say that they belong to the same *universality class*. It can be shown by rather straightforward techniques that the number of renormalizable theories and hence the number of universality classes is very small. This is the basic principle underlying universality in physics. Notice the tremendous gain in efficiency: instead of having to make a separate study for each of an infinite variety of possible micro systems, we need only enumerate the universality classes and study the properties of these. Often the universality class to which a specific micro system belongs, can be identified on the basis of symmetries (and other guiding principles) alone, without actually going through the formidable machinery of renormalization. This possibility of "short-cutting" renormalization makes the concept of universality classes especially useful in practice.

As a further illustration, let me add an example taken from my own field of research, the physics of chaotic and disordered systems. Axel Müller-Groeling has introduced you to the notion of a mesoscopic system as a physical system where quantum coherence plays a significant role. Recall that mesoscopic wires fabricated in the laboratory come with defects and various other irregularities, which we call "disorder". Axel showed you that the resistance of such a mesoscopic disordered wire exhibits random but reproducible fluctuations when some parameter like the strength of an applied magnetic field is varied. (Actually, Axel talked about rings, but his explanations apply equally well to straight wires.)

To get an analytical description of these fluctuations, Weidenmüller and his group in Heidelberg used a "coarse-grained" model, which divides the wire into compartments (see Figure 10a) of equal length, all of which, including the charge transport among them, are modelled by random matrices. When the results of the Heidelberg model were compared to those obtained from a more conventional model representing the disorder by randomly distributed impurities (Figure 10b), it was found that the results coincide! An explanation of this coincidence, which might surprise you in view of the rather striking differences between the two models, can

be found by exploiting the filter action of renormalization. To do so, one formulates both models as so-called "supersymmetric field theories". (I am sure you do not wish to hear the details of this.) Upon increasing the cutoff, one in fact discovers that both models approach the same renormalizable theory and hence belong to the same universality class. Actually, a closer look reveals in this (as in the more general) case that a renormalizable theory need not be just a single point in parameter space, called a "fixed point" in technical language, but may consist of a whole family of systems characterized by a parameter called the "correlation length".

Instead of elaborating on the concepts of fixed point and correlation length, let me finish off by picking up on part 1 of my talk, where I anticipated that renormalization would change our perspective of QED. I am now in a position to explain in which way it has changed and why. Recall the need for introduction of a cutoff in QED to prevent observable quantities from being infinite. Such a cutoff is an element *external* to QED (and, in fact, to any quantum field theory), its magnitude is *arbitrary* and, worst of all, the observable quantities *depend* on it. Although there exists a way of cancelling the undesirable cutoff dependence, this requires treating the electron's mass and charge as free parameters not predictable by the theory. Not surprisingly, for a long time QED was widely perceived as being a theory not only incomplete but also seriously flawed. This has now changed because the filter action of renormalization suggests a plausible scenario that makes QED very acceptable to the elementary-particle physicist. The scenario is the following.

It is postulated that there exists some other, more fundamental theory of physics which *is* complete, i. e. free of arbitrary input, and whose observable predictions remain finite as the cutoff is lowered to zero. The more fundamental theory is supposed to describe physical phenomena correctly and completely at *all* length scales, including those below the Planck scale of 10^{-35} meters. This theory - I will call it the Grand Theory — is not known and, now comes the crucial point, *need not be known* if all we are interested in is a description of, say, atomic phenomena. At atomic scales, i.e. at distances of 10^{-12} meters or so, a cutoff of 10^{-5} meters offers a much finer resolution than is really necessary. We can therefore increase the cutoff to some subatomic scale by applying the process of renormalization. In this process, all of the wealth (or dearth) of information about the elementary constituents and the form and strength of their interactions in the Grand Theory is compressed into just two numbers, the mass and the charge of the electron, and what emerges is QED as we know it.

It must be admitted that such a scenario will have no direct consequences as long as the Grand Theory remains unknown. However, it does change our perspective by suggesting that QED is indeed incomplete, but

incomplete for a good reason. It also changes the direction of future research by suggesting that QED is the best possible theory of atomic physics we could have hoped for and that any search for alternative theories is futile. Furthermore, since the remnants of the Grand Theory that are left over by the mutilizing filter action of renormalization are contained in no more than two numbers (the electrons mass and charge), QED is predictive. All we need to do is just to fix, once and for all, these two numbers by experiment. Every other observable quantity can then be predicted — within the limits of our calculational ability — from QED itself without any extraneous input.

I have argued that atomic physics is accurately described by QED (an incomplete theory) because phenomena observable at atomic scales are extremely insensitive to processes occurring at much smaller scales. The final point I would like to make is that this insensitivity implies a very pessimistic prognosis concerning the possibility of elementary-particle physicists uncovering the Grand Theory. To do so, they would have to figure out a way — and I don't see how they ever could as humans — of studying matter under the most extreme conditions, such as those that existed for a very tiny fraction of a second after the creation of the universe in the Big Bang.

The resulting uncertainty is reflected in a wide spectrum of differing opinions held by members of the community of elementary-particle physicists. On the one hand, there are those who expect the Grand Theory to be defined by a single mathematical formula of the greatest possible symmetry and simplicity; on the other hand, it has been suggested that the elementary constituents and their interactions be described by a truly vast random matrix of unimaginable complexity and irregularity. In my very personal and humble opinion, the question "is there order or chaos below the Planck scale?" will never be answered. By subjecting the forces of nature to the filter action of renormalization, God achieved two goals at once: He created atomic physics, governed only by the beautifully simple two-parameter theory called QED, but at the same time made sure that His knowledge of the most fundamental laws of physics will remain hidden from us forever.

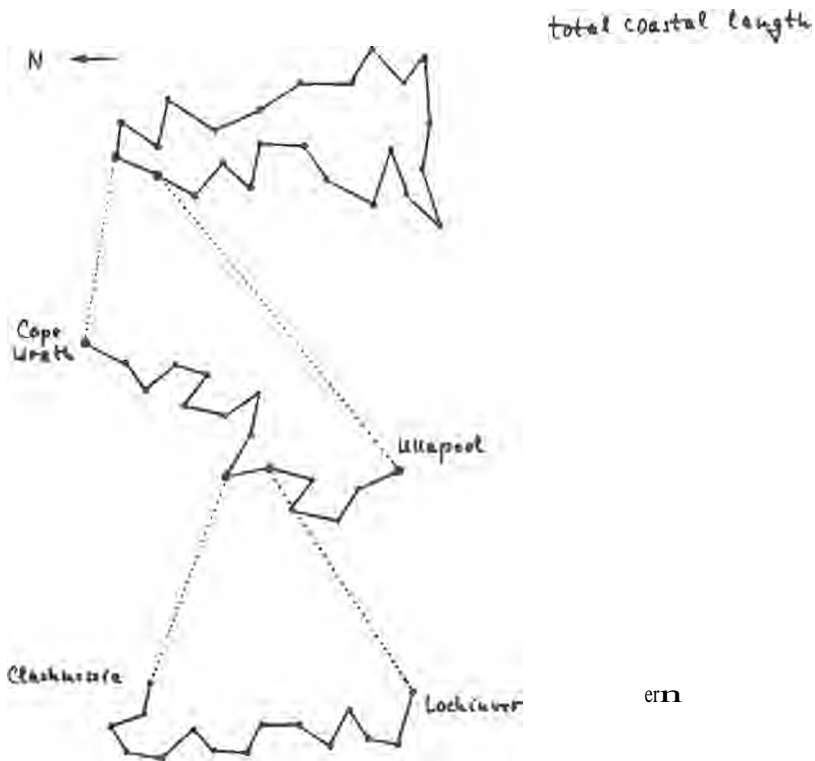


Fig. I: Roughness of the British coastline

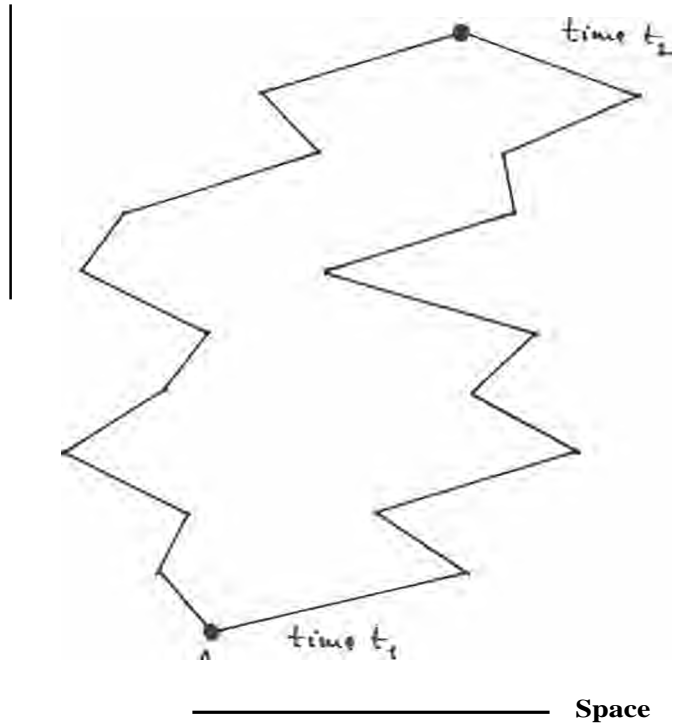


Fig. 2: Feynman's path sum in quantum theory

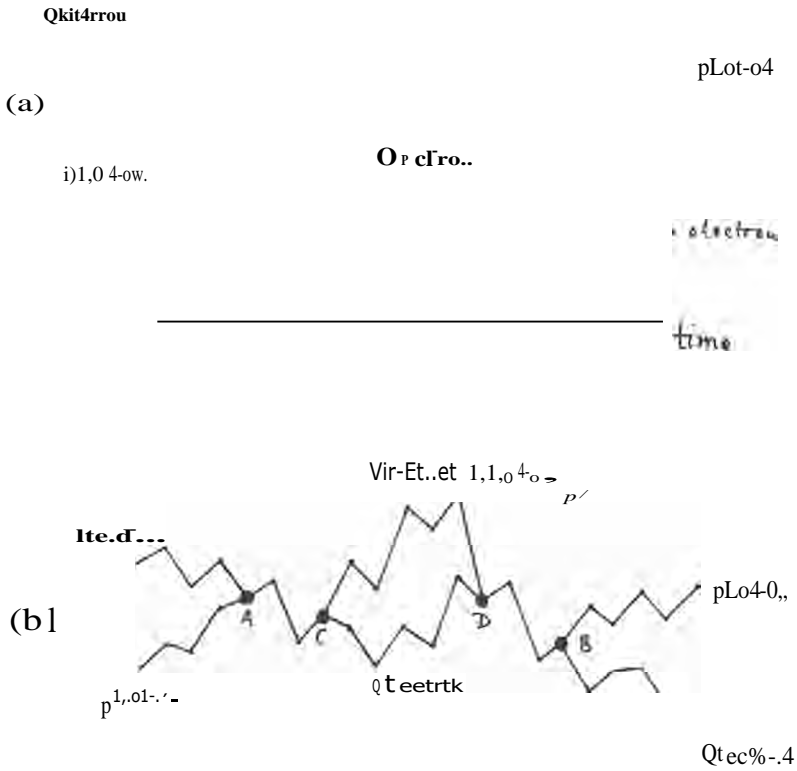
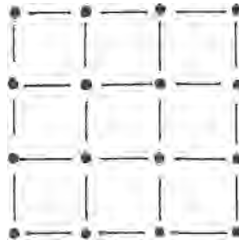


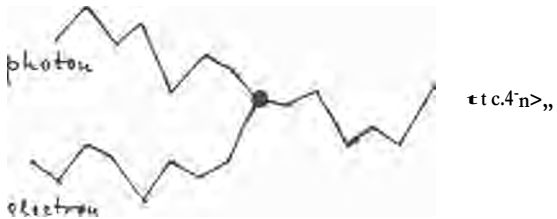
Fig. 3: Compton scattering

(a,



= et.ek..icat boket 6Q1- tti ht.:+kborev [ttok,r.

(b)



~ — Qtt d,-bk - fi ▶ ~otbk ~~~ez

Fig. 4: Local interactions

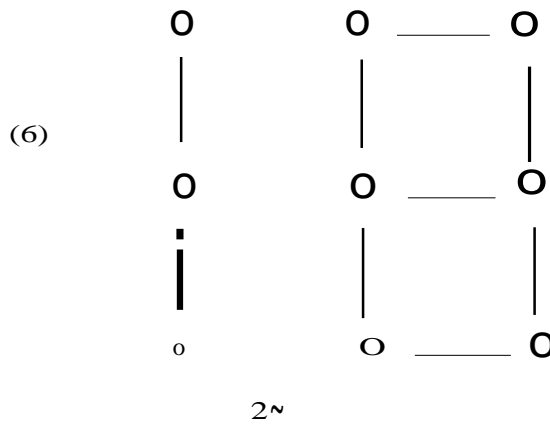
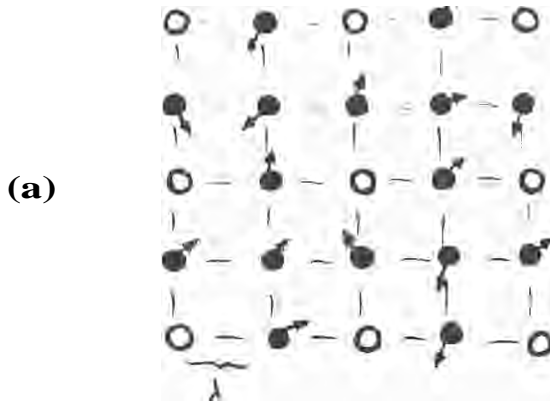


Fig. 5: Doing the partial sum

%rap_eI

ktci

Sot4

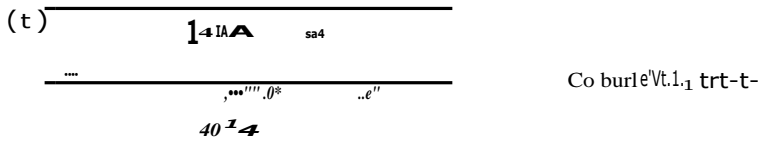
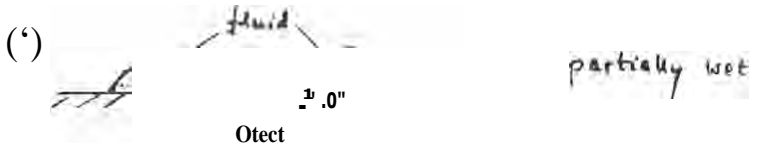


Fig. 6: Interacting interfaces

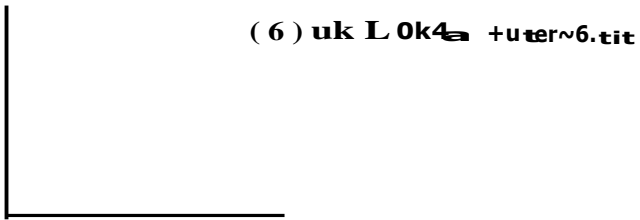
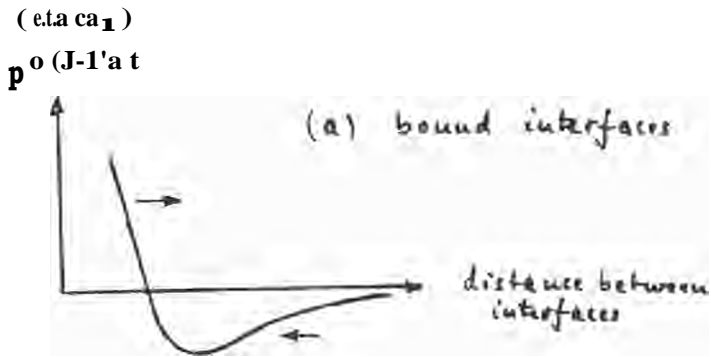
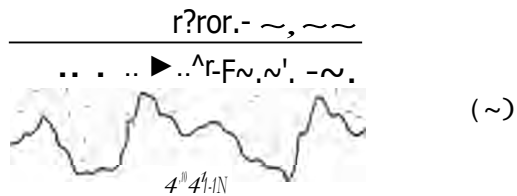
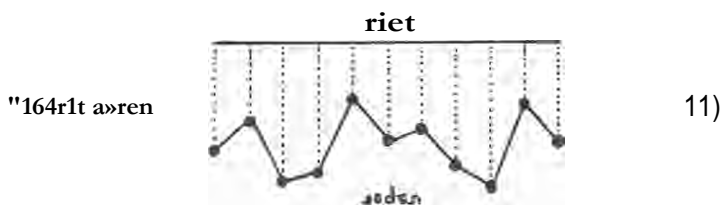
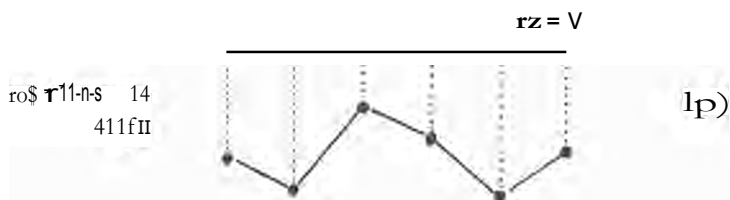


Fig. 7: Interface interaction potentials

aavpauit gOnog :S `Fi,4



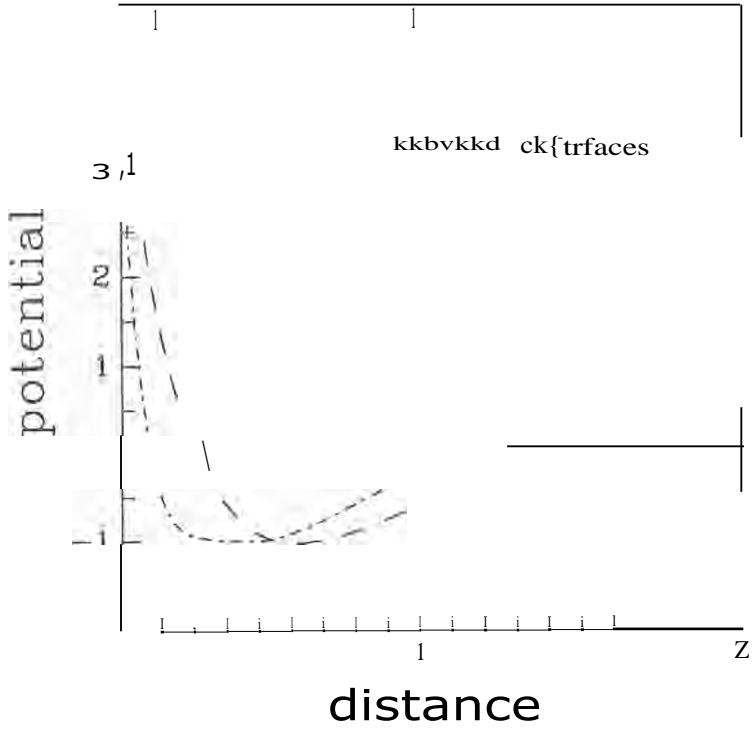


Fig. 9 a

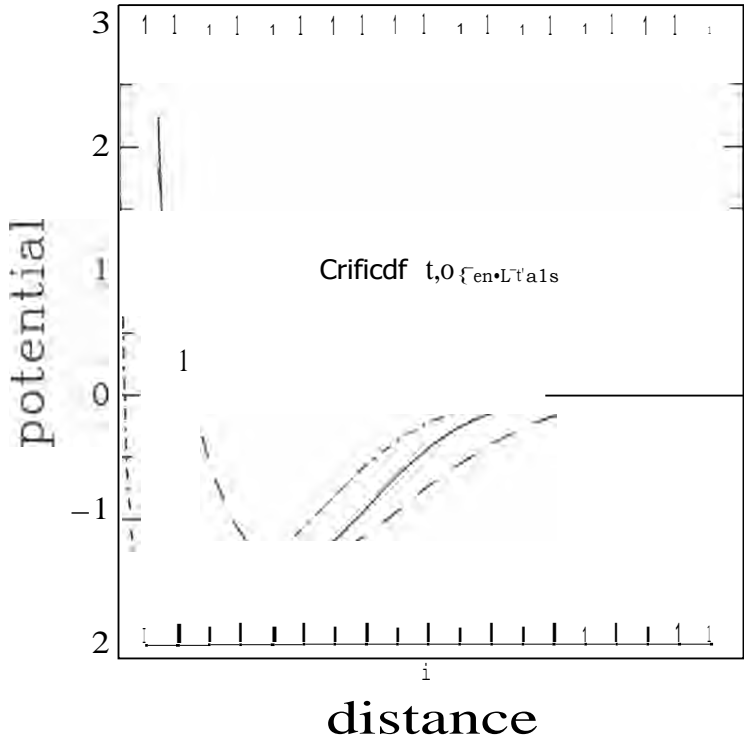
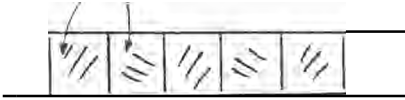


Fig. 9 b

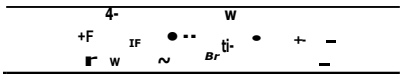
C4)

P4 doum wa}n'es



$ii^- \text{ etd, tL a} \sim$

L61



$cokv.k \mathbf{fioi..t}$

$\bullet \sim *04R \sim \sim k0st \mathbf{t}$

Fig. 10: Mesoscopic disordered wires

Thomas H. Seligman

Symmetry in Chaos*

Symmetry in Nature was the title of a talk that my friend, the well-known physicist and group theoretician Marcos Moshinsky, has held before quite different audiences and in maybe fifty different versions. I have heard his exposition on more than one occasion and never heard the same talk twice. The field is wide and rich and can be connected to fields that range from mathematics over the natural sciences and all the way down to the fine arts.

I would have liked to follow in the steps of my teacher but I felt overwhelmed by the wealth of the field. As our work this year is centered around the concept of chaos, I considered that it might be appropriate to discuss how symmetry, this supreme concept of order, may interplay with chaos, which we intuitively see as the very essence of disorder. I shall try to give an idea how two concepts of symmetry, the conventional one and a new structural one intermesh in a way that will be familiar to the expert from other contexts. What I plan to present is certainly not acceptable for any specialized journal. Nevertheless it will present both new ideas and new views of old ideas that are at the basis of some of my recent research papers, and I hope that some of the basic thought behind this work may make sense to the non-specialist.

I wish to recall that we distinguish — maybe somewhat artificially - between disordered systems and systems with dynamical chaos.

In the first case, we actually assume that the object we study is affected by a statistically disordered environment, such as, for example, the scattering of light or of massive particles, such as neutrons, off a crystal structure with statistically distributed impurities or off amorphous substances where order is totally absent such as gases, liquids or glasses.

In the second case we consider a usually quite simple, but non-linear system which evolves according to a well defined deterministic non-statistical law, but where this evolution turns out to be highly unstable and sensitive to initial conditions.

Note that both things can occur simultaneously and are not always well distinguished. Thus, presumably, the chaotic movements of the molecules in a gas are due to the chaotic dynamics of the system, but the scattering of

* Colloquium presented at the Wissenschaftskolleg, July 20, 1993.

particles on such a gas will be viewed as a process happening on a disordered medium.

Symmetry in chaotic systems has received very little attention, and such attention was mostly restricted to small discrete symmetry groups such as reflection, time reversal, permutations and finite rotations. These symmetries are of considerable importance and the time reversal invariance has given rise to some very deep results in the field of quantum chaos. Yet I want to address a completely different concept of symmetry that I used in some recent work and that can best be understood if we try to view the similarities of disorder and chaos rather than the differences.

Consider that one of the very first assumptions we make in any disordered system is isotropy and homogeneity. This implies for amorphous systems a very strong symmetry, namely invariance under rotations and translations, i.e. under the full Euclidean group. How can this be, as we just introduced disorder to destroy the symmetry? Here we deal with invariance in a statistical sense. The individual sample will certainly not have symmetry; but if we consider an ensemble, this ensemble will be invariant. We expect such a situation for any amorphous substances, such as gases, liquids or glasses etc. In the cases of gases or liquids, i.e. when we are not dealing with solids, we may also view this large symmetry as a time averaged symmetry for a specific system rather than an ensemble property.

You have been exposed to an important example of such considerations in the multiple discussions of mesoscopic systems that were presented here. In the simplest case, namely the one-dimensional situation, the impurities were always assumed to be randomly distributed along the wire, and only the leads (surface) gave rise to a breaking of this symmetry. Based on that, statistics were made with an ensemble of impurity distributions that is invariant under translations along the wire while each individual member of the ensemble does not have this property.

Clearly, the physical consequences of a statistical symmetry are not the same as those of a symmetry of the individual sample. On the contrary, in the example of one-dimensional wires symmetry of the individual sample leads to extended states while statistical invariance leads to localization; in a loose way we might say that the two kinds of symmetry are complementary as they have opposite effects. In general we shall proceed to show that the two concepts of symmetry are indeed *complementary* in a sense that is mathematically well defined and indeed not uncommon in applications of group theory.

The concept of complementarity is defined as follows: The pair of subgroups $q, \subset \mathcal{G}$ is complementary in the Group \mathcal{G} if their elements commute and if neither of the two can be enlarged and still fulfill the commutation condition. This means in simple terms that if \mathcal{G} is the largest group

of transformations contemplated for our system and if, say, $'$ is the actual symmetry group of this system, then R' is the group of all those transformations we can do without violating the symmetry.

If we have no further information than the symmetry of a system, it is plausible to admit all transformations that conserve this symmetry in order to inspect the universe of systems that have this symmetry. This will naturally form the ensemble which we wish to study if we intend to extract some statistical information. This seems very fruitful and almost an obvious path in the light of usual information theoretic approaches. One relevant question remains: Complementary in what larger group? We shall see that once answered this question, this concept will be very fruitful in determining the ensembles which we ought to study in a given case.

Let us now turn our attention to chaotic, but deterministic systems. Among them we shall focus on so-called kicked systems as these are easiest to consider in analogy with disordered systems. In particular let us look at the kicked rotor. It is defined as a two-dimensional rotor which receives periodically a kick that is a delta function in time and some function of the angle. Such a system has actually been shown to be equivalent statistically to a banded random matrix problem, with a band shape dependent on the function of the angle. We can now see what happens in phase space, which consists of an angle, and the corresponding angular momentum, which can extend to infinity. In this phase space we may in general find ordered and disordered structures. In particular some invariant torus may block the path to infinite angular momentum and thus give compact chaotic pieces of phase space. It is thus a good example for a periodically time-dependent system, and has been widely used as a paradigm. The only non-typical feature stems from the low dimensionality that precludes a phenomenon called Arnold diffusion; indeed in higher dimensions typically all chaotic regions are connected.

Having the above example in mind we now study a general periodic one-dimensional system represented by a Hamiltonian $H(q, p) = H(q, p, t + T)$, where T is the period of the system. We can then consider the time evolution over a period which is a map of the space coordinate q and the momentum p at time t onto those at time $t + T$. We consider such a map to be chaotic if the iteration scatters points all over the (q, p) space or phase space that is available. Such a phase space can be described in different coordinate systems, but we must maintain that the two coordinates behave with respect to each other like a space coordinate and a momentum. This is guaranteed by admitting canonical transformations only. On the other hand, the map of time evolution itself must be canonical for the same reason. It is therefore tempting to consider the group of all (invertible) canonical transformations \mathcal{G} as the large group in which we will have

to set the scheme of complementarity outlined above. A completely chaotic system with no symmetries whatsoever will be statistically invariant under all transformations of this large group \mathfrak{G} in the sense that time averages will not be affected. Any symmetry, continuous or discrete will be broken by some transformations of this group. Therefore we shall have statistical invariance with respect to such transformation only, which commute with the elements of the symmetry group. The symmetry group itself has to be a subgroup of \mathfrak{G} . The group of all transformations from \mathfrak{G} that commute with the symmetry group is thus complementary in \mathfrak{G} to the symmetry group.

Indeed this is exactly the structural invariance group defined in [1], without the use of the concept of complementarity. There it was put to use for a general proof of the connection between spectral statistics and chaos, which, up to now, is the main result of our work in this context. As this proof is presented elsewhere and is also quite technical, we shall skip it here and pass to a particular aspect not previously treated. In the proof, strong emphasis was put on the limitation to compact phase spaces, i. e. phase spaces that do not extend to infinity in either momenta or space coordinates. Sound technical reasons exist for this limitation, but the physical background is more interesting:

It is diffusion. A particle will take some time in an extended system to get from one part of the system to another however chaotic its motion may be. This really means that transformations, that will take parts of configuration space into each other, that are very far apart, will certainly not leave invariant any properties on a time scale that is not large compared to the time needed to get from one such part to another. Something similar will hold for momenta if arbitrary large transfers of momenta per unit time are not allowed. Thus we have to keep track of the time scale on which diffusion takes place. This time scale will depend on the energy available and thus for any finite phase space there will be an energy high enough that the time we are interested in is large compared to the diffusion time. If the space is infinite, on the other hand, this is no longer true. We can also say in the terms used above, that in such cases we have to take into account another essential piece of information that is not a symmetry.

If we are interested in quantum phenomena, another time scale enters the game; this scale relates directly to quantum phenomena and is often called the break time and at times beyond this time analogies with classical mechanics break down completely. As we go to very high energies we can approach the classical limit and the break time typically goes to infinity. Thus according to the results obtained in [1] for compact systems, the connection between chaos and random-matrix models associated to the classical ensembles [2] hold as is also suggested by a theorem of Schnirelmann

[3], who shows that wave functions are ergodic in similar cases. On the other hand if the system is infinite, this clearly is no longer true as diffusion time will also be infinite. In this case the invariance holds locally, but globally it fails. In practice this is even more stringent because we may not be near enough to the classical limit for an extended but finite system to explore all its phase space and thus such situations frequently occur.

This problem is often taken into account by breaking the extended system into sufficiently small pieces for diffusion time to be faster than any characteristic time of the system except the free flight transit time, yet large enough to be compared to the mean free flight path in the system. For these small pieces some random matrix ensemble is usually assumed. Examples of such a procedure are the treatments of mesoscopic systems by H. Weidenmüller or P. Mello [4] and their respective collaborators.

Another approach lies in the use of more particular random matrix ensembles such as banded matrices, which in the case of the kicked rotator give exactly the right answer [5]. This leads us to an important phenomenon, namely localization. Banded matrices with exponentially decaying bandwidth can indeed be shown to display Anderson type localization [6]. Thus states of such a system are not extended, even if the classical motion goes off to infinity.

If, on the other hand, we look at a system with translation symmetry individually (as opposed to such a symmetry for a time average or an ensemble), eigen-states will always be extended and time evolution will extend to infinity. This will always be true even if the classical motion is confined, e. g. by potential periodic barriers.

The essential difference between the two complementary concepts of symmetry (or invariance of individual systems) on one hand and of structural (or statistical) invariance on the other is thus very apparent in this asymptotic domain of large time behaviour. A fruitful exploitation of these ideas beyond the result of [1] will depend on a number of points. First, a better understanding of the group in which the complementary groups are embedded. Second, an understanding of their relation to dynamical groups and spectrum generating algebras, and, last but not least, on the ability to exploit these ideas in the context of approximate symmetries. Indeed the question of how to define approximate structural invariance and how to relate the many non-classical ensembles used in literature to such approximate invariances may well be the key to further progress along these lines.

References

- [1] T. H. Seligman, in: *Proceedings Wigner Symposium, Goslar 1991* (World Scientific, Singapore, 1992)
F. Leyvraz and T. H. Seligman, *Phys Lett. A* 168, 384 (1992)
- [2] c. f. T. A. Brody et. al., *Rev. Mod. Phys.* 53, 385 (1981)
- [3] A. I. Schnirelman, *Usp. Mat. Nauk.* 29, 181 (1974)
- [4] P. Mello, *Phys. Rev. Lett.* 60, 1089 (1988)
S. Iida, H. A. Weidenmüller and J. A. Zuk, *Ann. Phys. (N.Y.)* 200, 219 (1990)
- [5] F. M. Israelev, *Phys. Rep.* 196, 299 (1990)
- [6] Y. V. Fyodorov and A. D. Mirlin, *Phys. Rev. Lett.* 67, 2405 (1991)

Hans A. Weidenmüller

Memorandum zur Arbeit theoretisch-naturwissenschaftlicher Gruppen am Wissenschaftskolleg zu Berlin

Auf Wunsch des Rektors sei hier schriftlich festgehalten, was ich zu diesem Thema in meinem Bericht über die Arbeit der Physikergruppe am 15. Juli 1993 mündlich ausgeführt habe. Ich versuche die Erfahrungen festzuhalten, die die Physikergruppe 1992/93 am Kolleg gemacht hat. Ob alle die nachstehenden Punkte auch für andere, zukünftig am Kolleg tätige Gruppen wesentlich sind, wird natürlich von Fall zu Fall zu prüfen sein.

Im Herbst 1990 habe ich Herrn Professor Lepenies brieflich den Vorschlag gemacht, eine Gruppe von theoretischen Physikern für das akademische Jahr 1992/3 an das Wissenschaftskolleg einzuladen. Der Gedanke war, daß angesichts der intensiven fachspezifischen Kommunikation der Einzelne für einen Aufenthalt am Kolleg schwerer zu gewinnen sein dürfte als eine Gruppe. Wichtig ist, daß die Gruppe „kritische Masse“ erreicht, die sie befähigt, ein eigenes akademisches Leben am Kolleg zu entfalten. Andernfalls besteht die Gefahr, daß die Mitglieder sich nach außen orientieren und das Kolleg nur als soziales Umfeld verstehen, nicht aber als Ort der Forschung.

Damit soll nicht der Eindruck hervorgerufen werden, wir hätten uns nach außen abgeschirmt. Das Gegenteil ist der Fall. Schon im Frühjahr 1992 war ich auf Einladung des Kollegs für einige Tage in Berlin, um die Kollegen an der Freien Universität, der Technischen Universität, der Humboldt-Universität, dem Hahn-Meitner-Institut und dem Fritz-Haber-Institut auf das geplante Unternehmen hinzuweisen und sie über die Einzelheiten zu informieren. Leitgedanke war für mich dabei, daß insbesondere die Fellows aus dem Ausland auch Kontakt zur Berliner physikalischen *community* haben sollten. Zahlreiche Einladungen der Gruppenmitglieder zu Seminaren und Kolloquien an den genannten Institutionen zeugen vom Erfolg dieser Bemühung.

Weder in meinem ersten Brief noch zu einem späteren Zeitpunkt habe ich behauptet, daß die Gruppe an *einem* Forschungsprojekt arbeiten solle oder wolle. Es war mir vielmehr darum zu tun, eine Gruppe am gleichen

Problemkreis interessierter und international renommierter Kollegen in Berlin zu versammeln. Damit war die Hoffnung verbunden, daß sich aus den Diskussionen die Forschungsgegenstände natürlich ergeben würden. Diese Hoffnung hat nicht getrogen. Ich halte es nicht für möglich, einen derartigen Kreis zusammenzubringen, wenn alle an einem wohldefinierten Projekt arbeiten sollen. Dann ist die Freiheit des Einzelnen zu sehr beschnitten. Das kann man mit jungen Leuten machen, aber nicht mit Seniorwissenschaftlern.

Neben der kritischen Masse ist nach meiner Erfahrung ein zweites wesentliches Moment für den Erfolg die Möglichkeit, Gäste für jeweils ein bis zwei Monate einzuladen. Sie beleben durch ihre Anwesenheit die Diskussionen außerordentlich und tragen neue Ideen und Fragestellungen in die Gruppe hinein. Das ist gerade deshalb wichtig, weil die Lage einer derartigen Gruppe von Fellows ja eine grundsätzlich andere ist als an einem naturwissenschaftlichen Institut. Dort gibt es regelmäßige Seminare von Besuchern, und man erfährt aus erster oder allenfalls zweiter Hand, was es an Neuem gibt, sei es an experimentellen Daten, sei es an theoretischen Ideen oder Methoden. Journale bieten keinen Ausgleich für diese Art der Information. Sie haben in unserem Fach eher archivierende Funktion, es sei denn, man interessiere sich für Neuigkeiten aus Nachbargebieten, in denen man nicht zur *community* gehört. Die natürlich vom Kolleg beabsichtigte Abgeschiedenheit der Fellows ist in dieser Hinsicht für theoretische Naturwissenschaftler problematisch, es sei denn, sie arbeiteten an sehr grundlegenden Fragen, die mehr mathematischen Charakter haben. Es ist mir bewußt, daß durch diese Besucher Unruhe in das Kolleg hineingetragen wird, die die übrigen Fellows als störend empfinden mögen. Hier muß sich das Kolleg um einen Ausgleich der Interessen bemühen.

Unsere Gruppe bestand im wesentlichen aus Seniorwissenschaftlern mit fester akademischer Position. Die einzige Ausnahme bildete Axel Müller-Groeling. Nach meinem Dafürhalten könnte man auch mehr als einen jüngeren Wissenschaftler, darunter einen oder zwei Doktoranden, in eine derartige Gruppe einbinden. Dann müßte man allerdings darauf achten, daß die Gruppe nicht in Teile zerfällt, deren jeder durch einen Seniorwissenschaftler mit „seinen“ jungen Leuten definiert wäre.

Kohäsion und Zusammenarbeit in der Gruppe wurden folgendermaßen erreicht: In den ersten sechs Wochen haben wir uns täglich für ein Seminar von zwei Stunden getroffen. Jedes Gruppenmitglied hat den anderen ausführlich über seine jüngsten Arbeiten berichtet. Dadurch wurde erreicht, daß wir alle voneinander soviel wußten, wie zu einer gedeihlichen Zusammenarbeit nötig ist. Später wurde das Seminar als wöchentliche zweistündige Veranstaltung durch das ganze Jahr hindurch fortgeführt. Alle Gäste haben hier mindestens einmal vorgetragen. Die

Gruppenmitglieder haben regelmäßig über den Fortgang ihrer Arbeiten berichtet.

Das Interesse an einem Zeitschriftenartikel beschränkt sich oft auf ein Datum oder ein Ergebnis, ohne daß man die ganze Arbeit lesen oder nochmals lesen müßte. In solchen Fällen ist es ein Ärgernis, wenn man einen oder zwei Tage auf den bestellten Band warten muß: Man verliert diese Zeit. Deshalb war es ganz wesentlich, daß es Frau Bottomley gelungen ist, die letzten Jahrgänge der wichtigsten Journale als Dauerleihgaben an das Kolleg auszuleihen. Das gleiche gilt für die Handbibliothek von circa 150 Büchern, meist Tabellenwerke oder Monographien, in denen man so zu Hause ist, daß man die gewünschte Information schnell findet. Teilweise habe ich diese Bücher aus eigenen Beständen mitgebracht, teilweise wurden sie ebenfalls als Dauerleihgaben entliehen. Für die neuesten Hefte der Zeitschriften oder weniger wichtige Journale waren wir natürlich auf die gute physikalische Bibliothek der FU angewiesen, wo wir sehr gastfreundlich behandelt wurden. Es war recht nützlich, daß wir im Besitz mehrerer *copycards* dieser Bibliothek waren, mit denen wir jederzeit vor Ort Artikel kopieren konnten.

Die Gruppe verfügte über drei *Sun10-workstations*. Es hat sich herausgestellt, daß dies unseren Bedürfnissen angemessen war. Einen erheblichen Teil des Jahres waren diese Maschinen ausgelastet, aber größere Rechner haben wir nicht gebraucht. Ich glaube, daß bei einer Gruppe, die wie oben beschrieben strukturiert ist, der Bedarf an Rechenzeit sehr schwer zu prognostizieren ist, denn die Forschungsvorhaben werden erst während des Jahres definiert. Es ist deshalb ratsam, den Anschluß an einen Großrechner vorzuhalten.

Der Vorschlag, einen jüngeren Wissenschaftler in der Gruppe mit der Verantwortung für die Software zu betrauen — in unserem Fall war das Axel Müller-Groeling —, ging vom Kolleg aus und hat sich sehr bewährt. In der Tat hat die EDV-Gruppe des Kollegs mit der laufenden Betreuung aller Fellows reichlich zu tun und kann sich sowohl aus zeitlichen als auch aus fachlichen Gründen nicht mit den zusätzlichen Aufgaben befassen, die durch rechnerintensive Forschung entstehen. Axel Müller-Groeling ist im Frühjahr 1992 in Berlin gewesen, hat sich über die Software informiert, die im Haus zur Verfügung steht, hat die zusätzlichen Wünsche der Gruppe angemeldet und hat bei der Installation der eigens für die Gruppe bestellten Programme mitgewirkt. Jedem Gruppenmitglied hat er mit Rat und Tat zur Seite gestanden; erst wenn er im System nicht mehr weiter wußte, haben wir uns an die EDV-Gruppe gewandt.

Im Laufe des Jahres sind zahlreiche Arbeiten entstanden, bei denen Gruppenmitglieder und Gäste in wechselnden Kombinationen zusam-

mengearbeitet haben. Ich sehe darin eine Bestätigung der oben skizzierten Überlegungen.