



---

## **Berichte und Abhandlungen / Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (vormals Preußische Akademie der Wissenschaften) ; Band 13**

Berlin: Akademie-Verlag, 2007  
ISBN: 978-3-05-004425-5

Persistent Identifier: [urn:nbn:de:kobv:b4-opus-12222](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:b4-opus-12222)

---

Die vorliegende Datei wird Ihnen von der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften unter einer Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (cc by-nc-sa 4.0) Licence zur Verfügung gestellt.



BERLIN-BRANDENBURGISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

Berichte und Abhandlungen  
Band 13



BERLIN-BRANDENBURGISCHE  
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

(vormals Preußische Akademie der Wissenschaften)

Berichte und Abhandlungen

Band 13



Akademie Verlag

Herausgegeben von der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften  
Redaktion: Freia Hartung  
Redaktionsschluß: 22. Oktober 2007

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der deutschen  
Nationalbibliografie, detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über  
<http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-05-004425-5

© Akademie Verlag GmbH, Berlin 2007

Das eingesetzte Papier ist alterungsbeständig nach DIN/ISO 9706.

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden.

Druckvorlage: Kathrin Künzel, BBAW  
Druck und Bindung: Druckhaus „Thomas Mütntzer“ GmbH, Bad Langensalza

Printed in the Federal Republic of Germany

# Inhalt

## **Akademievorlesungen *Zukunftsorientierte Nutzung ländlicher Räume*** Wintersemester 2006/2007

Günter Stock	Zur Einführung . . . . .	11
Herbert Sukopp	Dynamik und Konstanz in der Kulturlandschaftsentwicklung . . . . .	13
Karl-Dieter Keim	Regionalpolitische Antworten auf die Peripherisierung ländlicher Räume . . . . .	35
Werner Konold	Moderne Kulturlandschaften gestalten heißt, den Spagat zwischen Vertrautheit und Gewöhnungsbedürftigkeit wagen . . . . .	43
Tobias Plieninger, Oliver Bens & Reinhard F. Hüttl	Innovative Landnutzungssysteme zur Bereitstellung von Bioenergie und Biomaterialien . . . . .	61
Wolfgang Fratzscher	Zur Energiewirtschaft des ländlichen Raumes . . . . .	75
Eva Barlösius	Neuverhandlung der Agrarforschung Eine Disziplin im <i>mode 2</i> Strudel . . . . .	93

## **Akademievorlesungen *Naturgeschichte der Freiheit***

Sommersemester 2007

Jan-Christoph Heilinger	Lässt sich die Entstehung von menschlicher Freiheit evolutionär erklären? Zum Problem der Stellung des Menschen in der Natur . . . . .	111
Julian Nida-Rümelin	Freiheit und Kausalität . . . . .	125
Martin Heisenberg	Naturalisierung der Freiheit aus Sicht der Verhaltensforschung . . . . .	149
Randolf Menzel	Entscheiden mit implizitem Wissen . . . . .	163
Jens Reich	Zum Kausalitätsprinzip in der Biologie . . . . .	181
Ferdinand Hucho	Ursachen und Gründe Zur Molekularen Biologie des Verhaltens . . . . .	187
Volker Gerhardt	Leben ist das größere Problem Philosophische Annäherung an eine Naturgeschichte der Freiheit. . . . .	195

### **Ernst Mayr Lecture**

7. November 2006

Rüdiger Wehner	Introduction Schlaumayr's Whippersnapper . . . . .	219
Axel Meyer	Die Entstehung neuer Arten – Darwins Geheimnis der Geheimnisse . . . . .	223

## **Euler-Abend**

31. Mai 2007

Eberhard Knobloch	Leonhard Euler als Theoretiker . . . . .	241
Rüdiger Thiele	Über das Wirken Leonhard Eulers als Wissensvermittler . . . . .	261

## **Internationaler Experten-Workshop der Academia Europaea und der BBAW: „Harnessing European Diversity – A New Paradigm for the Humanities?“**

Stephan J. Seidlmayer	Neue Strukturen für die altertumswissen- schaftlich Forschung an der Berlin- Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften – und darüber hinaus . . . . .	293
-----------------------	--	-----

## **Akademische Causerie**

Jürgen Trabant	Die gebellte Sprache: Über das Deutsche . . . . .	309
----------------	---	-----

## **Anhang**

Hinweise zu den Autoren	. . . . .	331
-------------------------	-----------	-----





Akademievorlesungen  
*Zukunftsorientierte Nutzung ländlicher Räume*  
Wintersemester 2006/2007



## Zur Einführung

Der Vorlesungszyklus der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften im Wintersemester 2006/2007 steht unter dem Oberthema „Zukunftsorientierte Nutzung ländlicher Räume“ – ein Thema, welches möglicherweise harmloser klingt, als es ist. Denn wir müssen uns Gedanken und möglicherweise schon Sorgen darüber machen, wie wir mit dem ländlichen Raum sowohl hinsichtlich der Bevölkerungsstruktur und Demographie als auch hinsichtlich der unmittelbaren Nutzung der Flächen umgehen. – Eine Problematik, die insbesondere im Brandenburger Raum, aber auch im angrenzenden Bundesland Mecklenburg-Vorpommern und in Polen sowie im entfernten Kanada – wie wir kürzlich gelernt haben – von zentraler Bedeutung ist.

Das Oberthema unserer aktuellen Akademievorlesungen ist demnach nur scheinbar regional begrenzt und für Spezialisten gedacht. Vielmehr hat es eindeutig Disziplinen übergreifenden Charakter. Im Raum Brandenburg haben wir die große Chance zur Entwicklung zukunftsweisender Modelle, die in anderen Staaten und Regionen mit ähnlichen Ausgangslagen ebenfalls große Bedeutung und praktische Anwendung erlangen könnten.

Ländliche Räume haben in der öffentlichen Diskussion lange Zeit ein Schattendasein geführt – als vermeintlich rückständiger Gegenpol zu den industriell geprägten und dicht besiedelten Ballungsräumen verbindet man mit ihnen nicht selten wirtschaftliche Strukturschwäche und eine hohe Arbeitslosigkeit. Bestenfalls werden ländliche Räume zur Heimatidylle mit unverbauter Landschaft, intakten dörflichen Gemeinschaften und hohem Erholungswert verklärt.

In der Realität steht diesem eher einseitigen Bild jedoch eine große Vielfalt ländlicher Räume gegenüber: So herrschen in einigen ländlichen Räumen tatsächlich wirtschaftliche Stagnation und Abwanderungstendenzen vor; daneben gibt es aber auch prosperierende ländliche Räume, etwa in Tourismusregionen; vielfach ist sogar ein Trend zur „Wiederentdeckung des Landes“ zu beobachten. Durch den gesamtwirtschaftlichen Strukturwandel stehen ländliche Räume unter erheblichem Anpassungsdruck, der in Ostdeutschland durch die Folgen der Wiedervereinigung noch

verstärkt wurde. Möglicherweise aber haben wir bislang nur versäumt, konsequent und zukunftsorientiert über den ländlichen Raum nachzudenken und entsprechende Konzepte zu entwerfen.

Es ist ein Verdienst unserer Interdisziplinären Arbeitsgruppe *Zukunftsorientierte Nutzung ländlicher Räume* und ihres Sprechers, Professor Reinhard Hüttl, sich dieses komplexen Themas seit 2004 in der gebotenen Gründlichkeit und Intensität anzunehmen: Die Arbeitsgruppe, der Akademiemitglieder sowie weitere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Deutschland, Österreich, Polen und der Schweiz angehören, hat sich das Ziel gesetzt, eine grundsätzliche Vision für die zukünftige Nutzung ländlicher Räume, insbesondere in der Region Berlin-Brandenburg, zu entwickeln. In diesem Zusammenhang haben wir ein Netzwerk aufgebaut, das derzeit elf Universitäten, vier außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und drei ausländische Akademien der Wissenschaften einschließt.

Zusammengefasst lautet die leitende Forschungsfrage der Arbeitsgruppe: Welchen Veränderungen sind die ökologischen und sozioökonomischen Systeme in ländlichen Räumen unterworfen und welchen Beitrag können technologische und soziale Innovationen zu einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung ländlicher Räume leisten? Neben der Nutzung nationaler und internationaler Fachexpertise stellt auch die Diskussion mit der interessierten breiteren Öffentlichkeit ein zentrales Element der Auseinandersetzung mit der von mir skizzierten komplexen Thematik dar.

# Dynamik und Konstanz in der Kulturlandschaftsentwicklung

## 1 Kulturlandschaftswandel

Kulturlandschaften entstehen infolge dauerhafter Nutzung ursprünglicher Landschaften (Naturlandschaften) durch menschliche Gesellschaften. Ihre regional differenzierten Ausprägungen sind zwar immer auch von der Natur bestimmt, aber sekundäre Umwandlungen durch den Menschen erreichen oftmals ein so hohes Ausmaß, dass die ursprüngliche Situation kaum mehr zu erkennen ist. Regionale Ausprägung erhalten Kulturlandschaften vermittelt durch Art und Verteilung der Siedlungen, land- und forstwirtschaftlicher Nutzungen, Rohstoffgewinnung, Industrie, Gewerbe und Verkehrsnetze. Eine relative Unabhängigkeit von den natürlichen Gegebenheiten entstand erst mit der Industrialisierung, was zu Fehleinschätzungen führte, zum Beispiel bei der Anlage von Siedlungen in Auengebieten. Kulturlandschaften sind ständigen Veränderungen unterworfen, die als Kulturlandschaftswandel bezeichnet werden.

In den vergangenen Jahrzehnten haben sich die Vorstellungen von der Entwicklung der Kulturlandschaften grundlegend geändert. Als wesentliche Merkmale gelten Dynamik und Diversität in Raum und Zeit. Im Umwelt- und Naturschutz wurden diese Erkenntnisse bisher jedoch viel zu wenig rezipiert. Hier hat sich ein immer noch überwiegend statisches Bild von der Natur erhalten. Wandel und Veränderung sind aber Merkmale der Kulturlandschaft in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.

In seinem Buch *Man and Nature* stellte George P. Marsh (1864) die Frage nach dem Ausmaß der Bedrohung natürlicher Abläufe durch die Tätigkeit des Menschen. Bei seinen Betrachtungen des Mittelmeerraumes erkannte er das enorme Ausmaß an Entwaldung und Überweidung und schloss daraus, dass menschliche Eingriffe über die Natur dominieren, wo immer beide zusammentreffen. Generationen von Umwelt- und Naturschützern folgten diesen Gedankengängen zuerst in qualitativer, später in quantitativer Analyse. Heutzutage gibt es entsprechende Berechnungen global zum „Ecological footprint of mankind“ oder Verbrauchsrechnungen im globalen Maßstab zum Ökokonto der Menschheit. Langfristige Prognosen halten die Dynamik für so tiefgreifend, dass die Festländer in weiteren tausend Jahren vom

Menschen ganz umgestaltet und die Lebensgemeinschaften der Pflanzen und Tiere vollkommen verschieden von jenen sein würden, die noch einige Jahrhunderte zuvor die Erde bewohnten (Elton 1958).

Es ist nicht nur eine politische oder gesellschaftliche Frage, wie viel Natur wir brauchen, sondern eine existentielle Frage, von deren Beantwortung das Überleben der Menschheit abhängt. Obwohl die wichtigsten Ursachen der übermäßigen Naturveränderung – Wirtschaftswachstum und Bevölkerungswachstum – bekannt sind, wird Wachstum immer noch als Voraussetzung für Wohlstand und soziale Sicherheit angesehen. Umdenken sollte aber möglich sein, sobald erkannt wird, dass der Verzicht auf einen Zuwachs an Quantität durch einen Gewinn an Qualität in allen Lebensbereichen mehr als wettgemacht werden kann (Schmid 1996).

Dynamik und Konstanz in der Natur werden von Naturwissenschaftlern anders eingeschätzt als von Naturschützern. Astrophysiker und Geologen beschreiben die unglaubliche Dynamik und Gewalt, mit der in sehr langen Zeiträumen immer wieder Altes zerstört und Neues geschaffen wird (Mitscherlich 1995).

Neben den natürlichen Wandel treten seit vielen tausend Jahren anthropogene Änderungen des Reliefs, der Böden, des Klimas, der Fauna und Flora sowie der Vegetation (Bork & Erdmann 2002). Unter natürlicher Waldvegetation gab es in Mitteleuropa kaum Bodenerosion (Bork 1988). Erst Rodungen und die nachfolgende Nutzung beendeten den Schutz des Bodens und der Oberflächengewässer vor Erosion.

Im Naturschutz wurde lange Zeit die Auffassung von einer stark beharrenden Natur vertreten, die wir auf Grund der Kürze des menschlichen Daseins als etwas Beständiges erleben. An der relativen Langlebigkeit von Wäldern, die für viele Mitteleuropäer die „Natur“ schlechthin verkörpern, wird uns das Beharren der Natur innerhalb eines Menschenlebens immer wieder vor Augen geführt. Entscheidend ist die Frage, inwieweit der Mensch in der Lage (und berechtigt) ist, natürliche Abläufe in andere Bahnen zu lenken. Eine zentrale Frage bei der Diskussion über anthropogenen Klimawandel war, ob es einen solchen Wandel in derselben Geschwindigkeit zuvor schon in der Erdgeschichte ohne Zutun des Menschen gegeben hat.

## 2 Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet des Projektes LandInnovation der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften umfasst einen Teil des Nordostdeutschen Flachlandes, einer eiszeitlichen Aufschüttungslandschaft, deren Oberfläche von Ablagerungen der jüngsten Eiszeit (Weichsel-Eiszeit) und der Nacheiszeit gebildet wird (Abb. 1). Dazu gehören sehr niederschlagsarme Gebiete (weniger als 560 mm Jahresniederschlag) in traditionell land- und forstwirtschaftlicher Nutzung und mit hohem

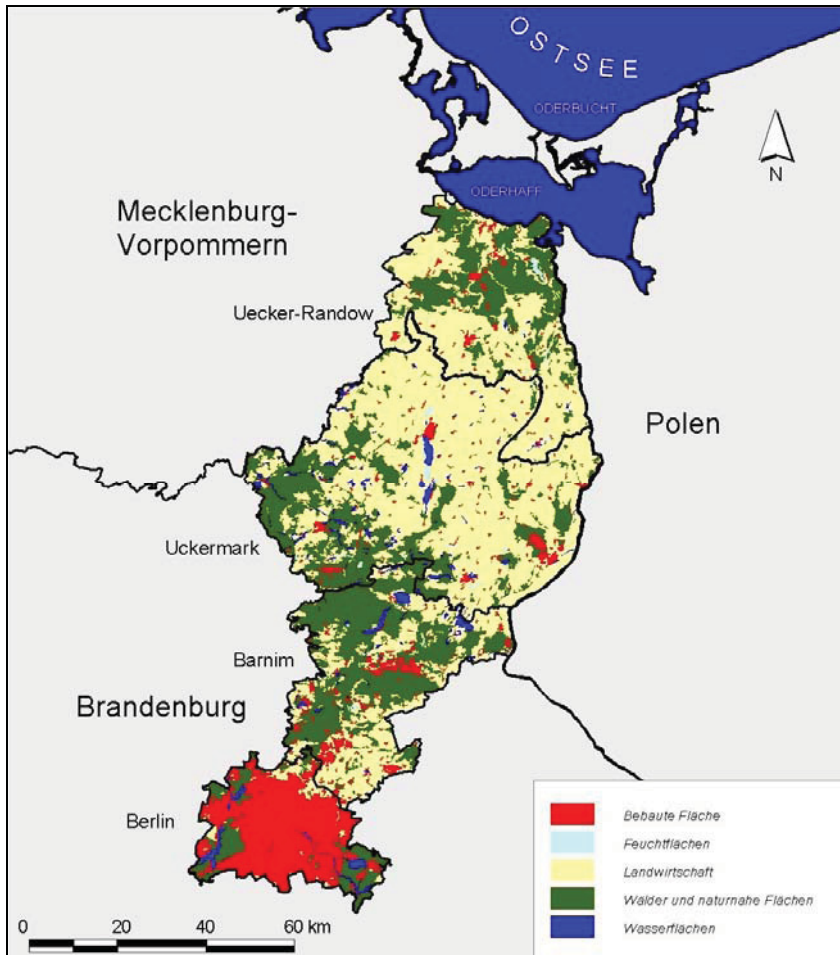


Abbildung 1  
 Landnutzung des Untersuchungsgebietes Berlin, Barnim, Uckermark, Uecker-Randow.  
 Quelle: CORINE Land Cover; Umweltbundesamt, DLR – DFD 2004. Bearbeiter: Andrea Werner (2006).

Anteil an Naturschutzflächen bei sehr dünner Besiedlung bis zu 12 Ew./km<sup>2</sup> (Bork et al. 1998, Flade et al. 2003, 2006, Umweltministerium ... 2003, Hampicke et al. 2005, Hofmann & Pommer 2005, Fukarek & Henker 2006). Über die Geschichte der Landnutzung in der Region Barnim-Uckermark berichtet Bayerl (2006). Die Peripherisierung des Raumes (Keim im folgenden Beitrag) steht in Wechselbeziehung zu benachbarten Ballungsräumen, in unserem Fall Berlin (s. Kap. 3). Ein anschauliches Beispiel für den steten Wandel in der Kulturlandschaft bietet der Ablauf der Vegetationsgeschichte Mitteleuropas. Nach dem Ausklingen der letzten Kaltzeit änderte sich zunächst die Naturlandschaft Mitteleuropas ohne Zutun des



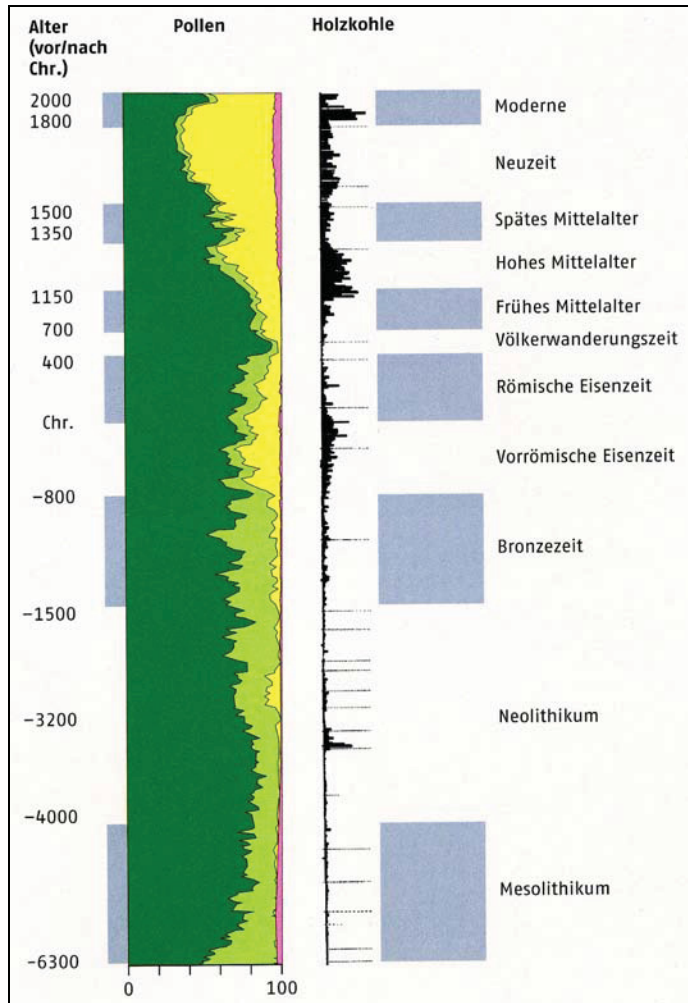


Abbildung 2  
 Vereinfachtes Pollendiagramm aus dem Belauer See. Aus Dreibröd & Bork (2006) nach Wiethold 1998. Die Farben bedeuten: dunkelgrün – Bäume; hellgrün – Sträucher; gelb – Kräuter; violett – Heidekrautgewächse. (Die Kräuter enthalten auch Cerealia, Segetalia und Ruderalia.)

Menschen. Abbildung 2 zeigt ein vereinfachtes Pollendiagramm der Vegetations- und Siedlungsgeschichte der vergangenen 8.300 Jahre, das für das Norddeutsche Tiefland repräsentativ ist. Mit zunehmender Erwärmung folgten auf eine Kältesteppe (Tundra) über Birken- und Birken-Kiefern-Wälder Eichenmischwälder. In der Eichenmischwaldzeit, die kulturhistorisch der Jungsteinzeit (Neolithikum) entspricht, erscheinen in den Ablagerungen die ersten Pollenkörner von Getreide und Ackerunkräutern.

Die Pollenkörner dieser Pflanzen bezeugen die beginnende Entwicklung einer Kulturlandschaft (Abb. 2). Von nun an verändert der Mensch die natürlichen Prozesse in unterschiedlichem Ausmaß. Für die Rotbuche ist die früheste Einwanderung in die Uckermark um 3500–4000 v. Chr. belegt, der Beginn der Ausbreitung um 1500 v. Chr. Örtlich unterschiedlich kam es erst nach Christi Geburt zu einer starken Ausbreitung, welche lokal noch bis 1200 n. Chr. andauerte.

Mit der Öffnung der Wälder seit dem Neolithikum (ab 5500 v. Chr.) entstanden neue Lebensräume für zahlreiche licht- und wärmeliebende Arten (s. Kap. 5). Der Landschaftshaushalt wurde tiefgreifend umgestellt. Die ersten Rodungen, die noch wie Inseln im Waldmeer lagen, breiteten sich aus und erweiterten das Kulturland. Die Aktivität der bronzezeitlichen Siedler wurde erst wieder im deutschen Mittelalter übertroffen.

Bereits in das Mittelalter fällt nicht nur die Einführung zahlreicher Ackerunkräuter (vgl. Kap. 5), sondern auch die folgenreichste Einführung eines nicht einheimischen Organismus, *Yersinia pestis*, des Erregers der Pest. Mindestens ein Drittel der Bevölkerung Europas starb während der Pandemie zwischen 1347 und 1350, also etwa 25 Millionen Menschen (Sinnecker 1971). Das Pestbakterium hat sich aus einem harmlosen Darmbakterium, *Yersinia pseudotuberculosis*, entwickelt. Es wechselte von Säugetieren auf Flöhe und lebt in Körperflüssigkeiten (Lymphe) statt in den Eingeweiden.

Der Schwarze Tod des Jahres 1350 und die in der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts rasch folgenden Seuchenzüge waren vermutlich ein entscheidender Auslöser der regressiven Bevölkerungsentwicklung und der landwirtschaftlichen Krise des 14./15. Jahrhunderts. Ungünstige Witterung, Bodenerosion und Hochwasser führten in der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts wiederholt zu Hungersnöten und Massensterben. Das Zusammenwirken des pestbedingten Bevölkerungseinbruchs mit dem Verfall der Getreidepreise sowie steigende Lohnkosten und Landflucht führten zur spätmittelalterlichen Agrarkrise und dem von ihr ausgelösten Wüstungsgeschehen (Abel 1978). Das Spätmittelalter sei „eine Krisenzeit der Geschichte und gerade deshalb für uns gegenwärtig lebende Menschen besonders lehrreich“ (Leuschner 1983). Wüstungen sind Siedlungen, die teilweise oder ganz aufgegeben wurden. Der Wüstungsquotient bezeichnet den prozentualen Verlust an Ortschaften und wird errechnet aus der Siedlungsanzahl am Beginn der Wüstungsperiode und der verringerten an deren Ende. Erste Wüstungen entstanden in Brandenburg bereits um 1200 durch Aufgabe slawischer Siedlungen im Zuge der deutschen Ostkolonisation. Die Flur- oder Kulturlandwüstung erreichte ihren Höhepunkt in der 2. Hälfte des 14. Jahrhunderts (Krausch 1960, Bohm 1969, Schuster 1999, Kirsch 2006; einen Überblick für Brandenburg gibt Fischer 1967 ff.; grundlegend auch Mangelsdorf 1994). Der 30-jährige Krieg verursachte den zweiten großen Einschnitt in die Bevölkerungsentwicklung.

Auch Ende des 19. bis Mitte des 20. Jahrhunderts kam es in Brandenburg zu Wüstungen auf Truppenübungsplätzen, zum Beispiel Döberitz (Wolters 2002), Ferbitz, Egelinde b. Rathenow, und durch Braunkohlenabbau (bisher 80 Dörfer).

Seit dem Ende des 17. Jahrhunderts setzte eine kontinuierliche Bevölkerungszunahme ein, die bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts andauerte.

Die landwirtschaftliche Nutzung, die das Land prägte, hatte eine weitere Folge. Es entstanden in Mitteleuropa außerhalb der früheren römischen Provinzen im frühen Mittelalter die ersten festen Städte.

Dies konnte nur geschehen, weil die Landwirtschaft Nahrung in größeren Mengen erzeugen und auf Vorrat halten konnte, so dass ein wachsender Teil der Menschen von der Aufgabe, selbst für Nahrung zu sorgen, entlastet war. Der Ersatz für die dem Acker entzogenen Nährstoffe kam aus den noch verbliebenen Wäldern, die keineswegs unberührte Natur blieben, sondern in sehr vielseitiger Weise in die menschlichen Nutzungen einbezogen wurden (Beck 1994). Mit dem Thema Holzmangel beschäftigten sich auch viele europäische Akademien (Buschmann 2007, mündlich), wobei umstritten ist, ob der Holzmangel real oder mental war. Erst vor rund 200 Jahren wurde der einseitige Stoffentzug aus den Wäldern in die Siedlungen und auf die Felder dadurch unterbrochen, dass die Viehfütterung auf angebaute Feldfrüchte und auf bewirtschaftetes Grünland umgestellt, die Düngung verbessert und das Land rationeller bewirtschaftet wurde.

Inzwischen hatte eine weitere Entwicklung eingesetzt, die die Landschaft noch tiefgreifender verändern sollte als die Rationalisierung der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung. Seit der Mitte des 18. Jahrhunderts konnte sich die Wirtschaft der europäischen Staaten von der bis dahin fast ausschließlichen Energieversorgung durch Holz aus den Wäldern lösen, indem sie fossile Energieträger in immer größerem Umfange nutzte: zuerst Torf, Braunkohle und Steinkohle, dann Erdöl.

In den Gebieten, die verkehrsgünstig lagen und außerdem reich an Bodenschätzen waren, setzte eine ungewöhnlich rasche Verstädterung und Industrialisierung ein. Seit 1950 bewirkten technische Fortschritte (Dünger-, Pestizid- und Landmaschineneinsatz) und agrarpolitische Rahmenbedingungen eine historisch einmalige Produktivitätssteigerung. Großflächige Wirtschaft und Spezialisierung, Flurbereinigung und Integralmelioration führten zu gravierenden Landschaftsveränderungen: Bodenerosion, Bodenverdichtung, Bodenversiegelung und Belastungen der Gewässer bewirkten Veränderungen der Lebensgemeinschaften und eine Uniformierung des Landschaftsbildes, besonders in der Umgebung von Großstädten.

### 3 Metropole und ländlicher Raum

Ökonomische, kulturelle und ökologische Wechselbeziehungen zwischen städtischen Ballungsräumen und dem ländlichen Raum und deren Auswirkungen auf das engere Umland stellen ein europäisches Problem dar. Große Städte sind Zentren von Kultur und Zivilisation, aber auch die größten Zentren und Quellen vielseitiger Umweltverunreinigungen. Trotz aller Bemühungen, die „Unwirtlichkeit der Städte“ zu mildern, muss die Stadtbevölkerung unter ökologischen Bedingungen leben, die im besten Falle suboptimal sind. Als Reaktion darauf nimmt die Stadtbevölkerung in wachsendem Maße die ländliche Umgebung, insbesondere als natürlich empfundene, abwechslungsreich ausgestattete Landschaften für Freizeit und Erholung und als ökologischen Ausgleichsraum in Anspruch und trägt damit Verkehrs-, Abfall- und sonstige großstadtypische Belastungen auch in diese Gebiete hinein.

Stadt und Umland sind räumlich meist nicht eindeutig abgrenzbar. Bei jeder Stadt ergeben sich spezifische Abgrenzungen zum Umland in Abhängigkeit von der Größe und den funktionalen Verflechtungen. Engeres (suburbanes) und weiteres Umland sind differenziert zu betrachten. Aus dem weiteren Umland von Städten kommen heute Lebensmittel, Rohstoffe und andere Naturgüter aus allen Teilen der Erde. Ein dichtes Verkehrsnetz zu Land, Wasser und Luft ermöglicht den Transport riesiger Mengen an Gütern. Diese Stoffverlagerungen geschehen zum Teil bereits seit vielen Jahrzehnten und deren Folgen wirken weiter. Wir leben global und stehen global mit Ökosystemen in Wechselbeziehungen, nicht mehr nur mit einer Vielzahl lokaler Ökosysteme (Sukopp et al. 1974).

Städte sind durch ein spezifisches Klima (Wärmeinsel, Luftverunreinigungen), spezielle Böden (kalkhaltige Schutt-Pararendzina nach Kriegszerstörungen) und Grundwasserabsenkungen charakterisiert. Diesen Veränderungen entspricht eine spezifische Zusammensetzung der Flora, Vegetation und Fauna. Biologisch sind Städte gekennzeichnet durch große Artenzahlen im Vergleich zum Umland, durch einen hohen Anteil nichteinheimischer Organismen (Neophyten- und Archäophyten-Anteil bei Farn- und Blütenpflanzen Berlins z. B. 24 % bzw. 15 %; zur Terminologie vgl. Kap. 5) und viele Einjährige. Flora und Fauna sind ein Spiegelbild der städtischen Wirtschafts- und Kulturgeschichte. Zum Verständnis des Verhältnisses von Umwelt und Organismen ist es notwendig, die gegenwärtigen Lebensräume als Ergebnis historischer Entwicklungen zu sehen. Städtische Lebensgemeinschaften entstehen fortwährend neu durch Einbürgerung fremder Arten. Die historische Einmaligkeit einer Stadt in Standorten und Organismen unterscheidet urbane Ökosysteme von natürlichen.

Für nicht einheimische Arten sind menschliche Siedlungen Häufigkeitszentren und Ausgangspunkt für weitere Ausbreitung. Ihr Anteil nimmt mit steigender Siedlungs-

	I	A	N	A & N	AIL.	TEMP.
<b>Berlin*</b>						
geschlossene Bebauung	50.2%	15.2 %	34.6%	49.8%	92.2%	> 10,5°C
aufgelockerte Bebauung	53.1%	14.1%	32.8%	46.9%	46.1%	10-10,5°C
innere Randzone	56.6%	14.5%	28.9%	43.4%	24.8%	9,5-10°C
äußere Randzone	71.5%	10.2%	18.3%	29.5%	3.2%	8,5-9,5°C
<b>Brandenburg**</b>						
Dahme	78.4%	10.6%	11.0%	21.6%	-	8-9°C
Spreevald	79.3%	10.4%	10.3%	20.7%	-	8-9°C

(\* Flora von Stadtzonen, \*\* Regionalfloren, I = Indigene, A = Archäophyten, N = Neophyten, Ail. = *Ailanthus altissima*, Temp. = langjähriges Mittel der Lufttemperatur; Kowarik 2002 nach Kunick 1982, ergänzt durch Daten von Klemm 1975, Böcker & Kowarik 1980, Horbert et al. 1985, Klimaatlas 1953)

Tabelle 1

Zunahme nicht einheimischer Arten entlang eines Stadt-Land-Gradienten. Angegeben sind Anteile indigener, archäophytischer und neophytischer Arten am Artenbestand verschiedener Stadtzonen Berlins und naturnaher brandenburgischer Gebiete sowie das langjährige Mittel der Lufttemperatur (aus Kowarik 2003).

größe zu und wird durch die je spezifischen Verhältnisse von Handel und Verkehr (Hafenstadt, Eisenbahnknotenpunkt) variiert. Innerhalb von Großstädten nimmt der Anteil der im Gefolge des Menschen ausgebreiteten Pflanzen von der Peripherie zum Zentrum hin zu (Tab. 1).

In Stadtgebieten Mitteleuropas werden bereits heute Temperaturwerte gemessen, deren Jahresmittel etwa 1–2 °C über denen des Umlandes liegen. Diese deutlich höheren städtischen Temperaturen haben Auswirkungen auf alle Lebewesen. Die Beobachtung solcher Veränderungen des Stadtklimas und der Folgen kann Hinweise auf künftig zu erwartende Prozesse im ländlichen Raum geben.

Für Menschen in der Stadt haben die Abweichungen der Temperatur Nachteile, aber auch Vorteile. Als nachteilig wird die Kombination hoher Lufttemperatur mit zeitweilig hoher Luftfeuchtigkeit angesehen, die zu unangenehmer Schwüle führt. Als Vorteil wird die Möglichkeit angesehen, sich insbesondere abends häufiger im Freien aufhalten zu können.

Für die städtische Flora und Fauna bedeutet die Überwärmung eine Verlängerung der Vegetationsperiode, eine Verschiebung der phänologischen Phasen (Zacharias 1972, Henniges & Chmielewski 2006) sowie das Auftreten von wärmeliebenden Neophyten (z. B. des Götterbaums *Ailanthus altissima*) und Neozoen (Sukopp & Wurzel

1995). Auch viele einheimische Arten, Wald- und Feuchtgebietspflanzen, erweisen sich zur Besiedlung neuer städtischer Standorte als fähig. Sie werden Apophyten genannt (Rikli 1903, Kowarik 1992, Sukopp 2006).

Großstädte sind nicht nur Laboratorien der Moderne (Chicago-Schule, Park 1925), sondern auch hinsichtlich der Frage nach den Auswirkungen von Klimaänderungen Laboratorien der Zukunft.

#### 4 Konstanz im Kulturlandschaftswandel

Wo können wir bei der geschilderten Dynamik von Konstanz sprechen? Die Verteilung der Haupttypen der Substrate ist im Verlauf der letzten 1000 Jahre weitgehend konstant und bestimmt bis heute die Landnutzungen. Die Verteilung von Wald- und Ackerland auf dem Barnim entspricht der Verteilung von Sand und Mergel (Abb. 3).

Allerdings wurden innerhalb der Waldflächen zwischen 1780 und 1940 auf dem Gebiet des Großblattes Templin-Schwedt-Freienwalde 17 % der Fläche gerodet (Schwerpunkt in den Jahren um 1900) und 17 % aufgeforstet (Schauer 1966, Anlage 4). Für Brandenburg insgesamt ermittelten Wulf & Schmidt (1996) zwischen 1780 und 1992 27 % Rodungen und 34 % Aufforstungen. Von der Waldfläche um 1780 sind bis 1992 etwa 66 % kontinuierlich als Waldstandort erhalten geblieben, wobei der Maßstab 1 : 300.000 nur grobe Angaben ermöglicht. Für die Uckermark

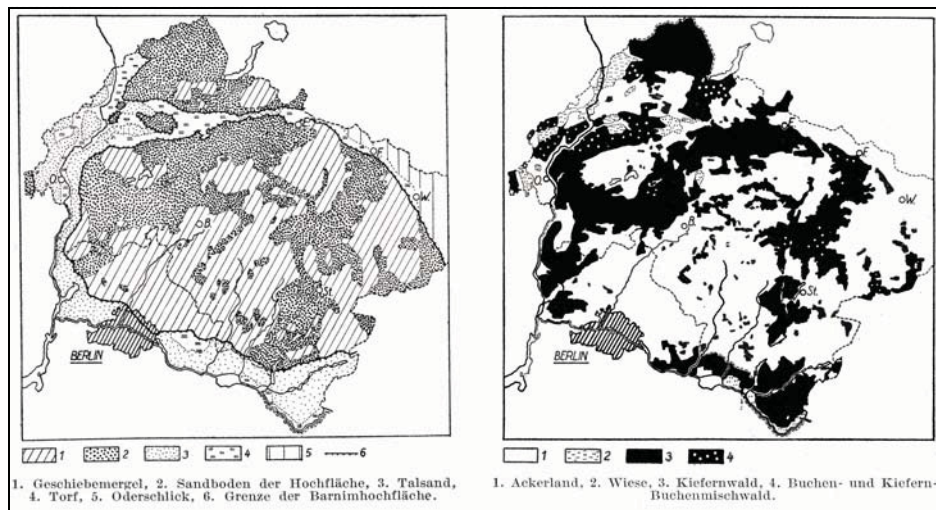


Abbildung 3  
Verteilung von Sand und Mergel (links) sowie Wald und Acker (rechts) auf der Barnimhochfläche. Aus Hueck (1929), Abb. 13 und 14.

und für Barnim und Lebus werden Rodungen und Aufforstungen für den gleichen Zeitraum mit 7,2 und 2,1 % bzw. 4,6 und 10,1 % Anteil an Naturraumfläche angegeben (Bremer 1973). Schon immer hat es auch in Brandenburg Standorte gegeben, die nur in Krisenzeiten landwirtschaftlich genutzt worden sind und die in anderen Epochen aufgeforstet oder aufgelassen wurden. Manche Standorte wurden infolge der Entwicklung neuer Bearbeitungs- und Meliorationsverfahren für die Landwirtschaft attraktiv und gerodet. Intensivierung und Überproduktion können dazu führen, dass weniger ertragreiche oder nicht mehr effektiv nutzbare Standorte aufgegeben werden. Dieser Wandel vollzieht sich in Abhängigkeit von der Bevölkerungsentwicklung, den Besitzverhältnissen und von kulturellen und technischen Innovationen. Mehrere neue Siedlungen in Brandenburg wurden teils auf wüster Feldmark, teils auf altem Waldboden angelegt. Die oben zitierte Langlebigkeit der Wälder trifft nur für sehr wenige Flächen zu (Wulf & Schmidt 1996).

## 5 Kulturlandschaften im Spiegel der Floren- und Vegetationsentwicklung

Vom Menschen verursachte Umweltveränderungen führen in der Regel zunächst zu einer Steigerung, dann zu einer Reduktion von Biodiversität. Nach der in der Wissenschaft und auch im Naturschutz allgemein akzeptierten „intermediate disturbance hypothesis“ verändern Störungen geringen bis mittleren Ausmaßes ökologische Systeme in der Art, dass zumeist die Diversität von Arten und Lebensgemeinschaften steigt. Starke Störungen hingegen können die Artenvielfalt drastisch verringern und die Leistungsfähigkeit von Ökosystemen gefährden, das heißt Leistungen, die von Menschen genutzt werden.

Wandel und Veränderungen der Kulturlandschaft spiegeln sich deutlich in der Flora und Vegetation eines Gebietes wider. Heute kann in Mitteleuropa kaum ein Vegetationsfleck als vom Menschen unbeeinflusst angesehen werden. Anthropogene Veränderungen und ihre Wirkungen sind flächendeckend nachweisbar: Luftverunreinigungen und der Rückgang empfindlicher Arten wie zum Beispiel vieler Flechten, Spuren von Schwermetallen und Radionukliden in Pflanzen und Böden, chlorierte Kohlenwasserstoffe (im Westen Deutschlands besonders die PCB, in den neuen Bundesländern DDT-Metabolite, Umweltprobenbank) in den Körpern von Menschen und Tieren – um nur wenige bekannte Beispiele zu erwähnen.

Zu den Veränderungen in der Kulturlandschaft gehört das Auftreten vieler absichtlich eingeführter Zier- und Nutzpflanzen sowie ungezählter Arten, die als Beimengungen von Getreide, Saatgut oder Wolle unabsichtlich eingeschleppt wurden. Solche Pflanzen, die im Gefolge des Menschen nach Mitteleuropa gelangt sind, bezeichnet man als nicht einheimisch bzw. als Kulturbegleiter (Hemerochore). Seit dem Beginn

der Neuzeit dehnte sich der Austausch von Menschen und Waren auf den gesamten Globus aus. Pflanzen und Tiere wurden in großer Zahl und Menge über alle Kontinente ausgebreitet. Die kulturhistorische Zäsur der Entdeckung Amerikas ist daher Grundlage folgender Definitionen:

- Neophyten (Neueinwanderer) sind Arten, deren Einwanderung im Gefolge des Menschen nach 1492 erfolgte. Arten, die bereits vor 1492 eingeführt oder eingeschleppt wurden, heißen Archäophyten oder Alteinwanderer.

Ein zweiter Gesichtspunkt bei der Einteilung der Hemerochoren ist der Grad der Etablierung oder Einbürgerung, das heißt die unterschiedliche Einfügung nicht heimischer Arten in die einheimische Vegetation. Dieser ökologisch interessante Gesichtspunkt ist auch für die Frage künftiger synanthroper Florenveränderungen von großer Bedeutung. Gewöhnlich werden vier Gruppen unterschieden:

- Da sind zunächst die *Ergasiophyten*, Kulturpflanzen, die sich ohne andauernde menschliche Pflege in der einheimischen Flora nicht halten können und damit nicht eingebürgert sind. Sie zählen nicht zur Flora. Der Begriff Flora bezeichnet den Artenbestand eines Gebietes; als Vegetation werden nicht die Arten einzeln betrachtet, sondern deren Gesamtheit in ihrem Zusammenleben.
- Eine zweite Gruppe sind die *Ephemerophyten* oder Unbeständigen, die darauf angewiesen bleiben, dass ihre Vermehrungseinheiten immer wieder eingeschleppt werden, da sie sich mangels Vermehrungsfähigkeit in der neuen Umwelt nicht dauerhaft zu halten vermögen.
- Eine dritte, artenreiche Gruppe bilden die *Epökophyten* oder Kulturabhängigen, die beständig auf anthropogenen Standorten wachsen. Zu ihnen gehören die meisten Ackerunkräuter und damit besonders viele Archäophyten.
- Eine wesentlich weniger umfangreiche Gruppe stellen schließlich die *Agriophyten* oder Neubürger dar, die einen beständigen Platz in natürlichen bis naturnahen Pflanzengesellschaften gewinnen konnten.

Seit in vorgeschichtlicher Zeit mit den ersten Kulturpflanzen auch Unkräuter als Begleitarten nach Mitteleuropa gelangten (Willerding 1986), wurden nach Deutschland mindestens 60.000 Sippen als Zier- und Nutzpflanzen importiert – hierher gehört auch die sehr große Gruppe der Akzessionen in die Lebendsammlungen botanischer Gärten – oder als Transportbegleiter, Grassamenankömmlinge, Vogelfutterbegleiter u. a. unbeabsichtigt eingeschleppt. Folgenreiche Einführungs- und Ausbreitungsschübe neuer Arten wurden Anfang des 16. Jahrhunderts mit der Überbrückung der Ausbreitungsbarrieren zwischen den Kontinenten (weltweiter Handel und Verkehr nach der Entdeckung Amerikas) sowie im 19. Jahrhundert mit der Einführung von Eisenbahn, Dampfschiffahrt und veränderten Landnutzungsformen eingeleitet. Das Ergebnis waren bessere Ausbreitungsbedingungen für neue Arten zwischen und auf



Bäume und Sträucher mehr als	4.000
Krautige Zierpflanzen inkl. Zwiebelgewächse	2.000
Kulturpflanzen	100
Acker- und Gartenunkräuter	150
Grassamenankömmlinge	52
Vogelfutterbegleiter	230
Getreidesaatgutbegleiter	mehrere hundert
Südf Fruchtbegleiter	800
Wolladventivpflanzen	1.600
Akzessionen botanischer Gärten	50.000

Tabelle 2  
Nach Mitteleuropa seit Beginn der Neuzeit eingeführte Blütenpflanzen (aus Sukopp 1976, ergänzt).

den Kontinenten. Landnutzung ist in Mitteleuropa seit Einführung des Ackerbaus und der Viehzucht untrennbar mit der Einführung nicht einheimischer Arten verbunden.

Einen Überblick über die für Mitteleuropa bedeutsamen Einwanderungsweisen gibt Tabelle 2. In vielen Fällen sind Ausbreitungsprozesse neophytischer Arten genau dokumentiert worden.

Die Anzahl der eingeführten und eingeschleppten Arten übertrifft die der in Deutschland wild wachsenden Farn- und Blütenpflanzen um ein Vielfaches. Davon gelangte aber nur ein sehr geringer Anteil von etwa 1 % zur Naturalisation (Abb. 4).

Mit der Differenzierung der Kulturlandschaft vollzieht sich spätestens seit dem Neolithikum ein bis heute in Mitteleuropa andauernder Prozess anthropogener Florenzerweiterung, dessen Ausmaß Fukarek (1988) am Beispiel Mecklenburgs belegt hat: Der Zugang an Hemerochoren (Gruppen N2-N4 in Abb. 10) begann hier mit der Trichterbecherkultur um 3200 v. Chr., und damit später als in vielen anderen Gebieten Mitteleuropas. Heute stehen in Mecklenburg 978 indigenen 1237 hemerochore Sippen gegenüber, von denen 510 dauerhaft etabliert sind (Gruppen N2, N3). Ausgestorben sind dagegen nur 41 Sippen. Bezogen auf das gesamte Gebiet Mecklenburgs hat Hemerochorie daher zu einer erheblichen Erweiterung der Flora geführt. Der Hemerochorenanteil an der Flora beträgt hier 56 % bzw. 34 %, wenn nur die etablierten Arten berücksichtigt werden (für Mitteleuropa: Abb. 5).

Maximale Einführungs- bzw. Einschleppungszahlen werden für das 19. Jahrhundert angenommen. Die Einbürgerungen werden aber auch weiterhin aus zwei Gründen zunehmen: Erstens ist mit erheblichen Zeitverzögerungen zwischen Ersteinführung und Ausbreitungsbeginn neuer Arten zu rechnen; zweitens werden sich bereits vorhandene Hemerochoren in neue Teilgebiete Deutschlands ausbreiten bzw. hierhin mit menschlicher Mithilfe gelangen. Bereits heute sind 405 Neophyten in Deutsch-

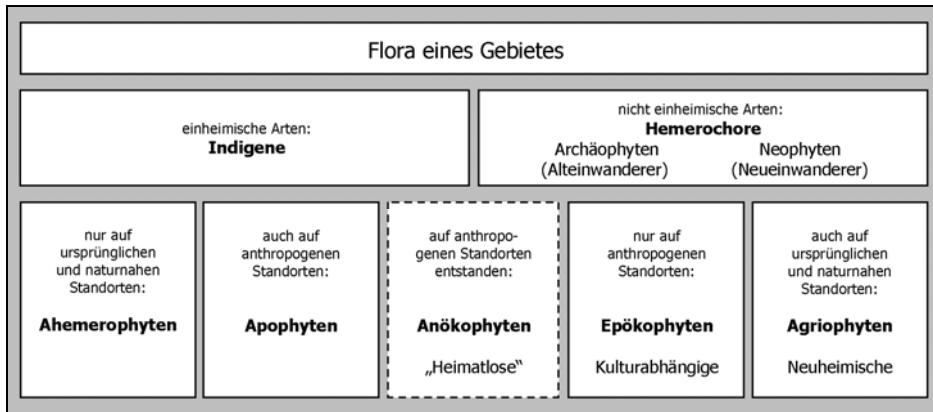


Abbildung 4  
Gliederung der Flora nach dem Einbürgerungsgrad und den Schwerpunkten standörtlicher Vorkommen.

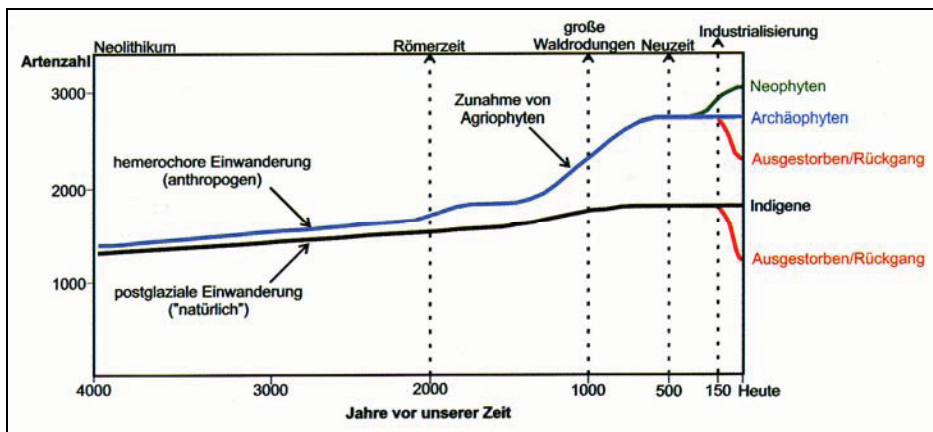


Abbildung 5  
Nacheiszeitliche Entwicklung der Artenmannigfaltigkeit in Mitteleuropa. Aus Cordes et al. (2006).

land eingebürgert. Dem stehen 47 ausgestorbene oder verschollene und 118 vom Aussterben bedrohte indigene oder archäophytische Sippen gegenüber (Abb. 6). 280 Agriophyten haben Vorkommen in ursprünglicher bzw. naturnaher Vegetation. Eingebürgerte hemerochore Arten haben die Floren verschiedener Gebiete zum Teil stark verändert. Lokal und regional führen Einbürgerungen zu einer Bereicherung der Flora, weltweit hingegen zu einer Uniformierung der Floren.

Parallel zur Ergänzung der Flora um Hemerochoren vollzieht sich der Artenrückgang. Er trifft alle Artengruppen, Indigene und Archäophyten jedoch stärker als Neophyten. Die Anzahl der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen in Brandenburg ist

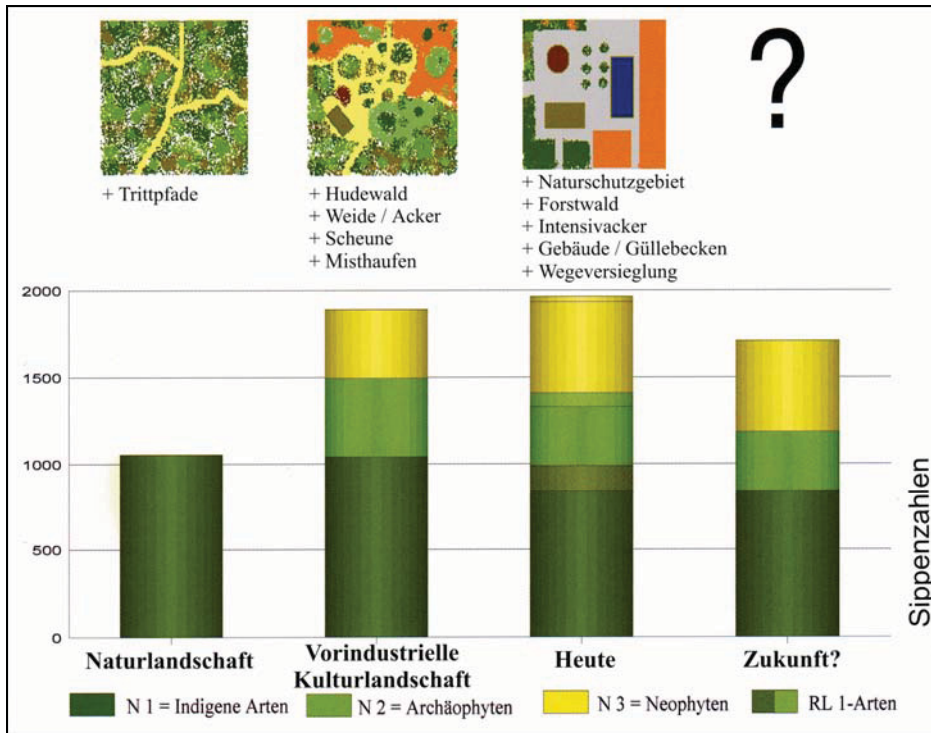


Abbildung 6  
Entwicklung der Sippenzahlen indigener und eingebürgerter Sippen im Gebiet von Mecklenburg-Vorpommern. Die Rote-Liste-1-Arten sind bei dem Zukunftsbalken als Worst-Case-Szenario auf Null gesetzt. Aus Fukarek & Henker (2006).

gestiegen (Ristow et al. 2006). Artenrückgang einerseits und Ausbreitung von Hemerochoren andererseits erfahren seit Mitte des 19. Jahrhunderts eine starke Beschleunigung. Beide Phänomene gehen auf eine gemeinsame Ursache zurück, den stark angestiegenen Einfluss des Menschen auf fast alle Teile der Landschaft. Neue anthropogene Standorte sind wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Ausbreitung vieler Neophyten und zugleich Ursache des Rückgangs einheimischer und archäophytischer Arten. Neophyten werden oftmals als Gefährdungsfaktor für die biologische Vielfalt genannt. Sukopp (1962) hat darauf hingewiesen, dass neben einer lokalen Verdrängung anderer Sippen auch eine Einfügung von Neophyten in bestehende Lebensgemeinschaften möglich ist. Diese gegensätzlichen Einschätzungen für die Gesamtflora und die Regionalflora Deutschlands auf der einen Seite und für einzelne Vegetationsbestände auf der anderen Seite sind ein Beispiel für die Abhängigkeit der Aussagen von räumlichen Skalen.

Für das 20. Jahrhundert hat Elton (1958) die ökologische und wirtschaftliche Bedeutung von tierischen und pflanzlichen Wanderungen unter dem Stichwort „Invasionen“ dargestellt und darauf hingewiesen, dass die Vermischung der Floren und Faunen als Folge des Zusammenbruchs der Schranken zwischen den biogeographischen Reichen die entscheidende Veränderung der Biosphäre darstellt. Zusammen mit der Ausrottung von Arten als der zweiten tiefgreifenden Veränderung führt dies für die Zukunft zu der Frage: „What will be the behaviour of invaders in a world with an impressively declining biological diversity?“ Künftig werden insbesondere anthropogene Klimaänderungen Auswirkungen auf das Verhalten fast aller Organismen haben. Als Folge einer Klimaänderung wird in Zukunft eine aller Voraussicht nach sehr große Zahl von Organismen an ihren neuen Arealgrenzen entweder zu Neophyten oder stirbt aus.

Nur ein kleiner Teil nicht einheimischer Pflanzenarten verursacht wirtschaftliche Schäden durch die Minderung von Erträgen in der Land-, Forst und Fischereiwirtschaft oder erhöhte Kosten bei der Instandhaltung von Straßen, Wasser- und Schienenwegen. Gefahren für die menschliche Gesundheit gehen zum Beispiel vom Riesen-Bärenklau (*Heracleum mantegazzianum*) und dem Beifußblättrigem Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*) aus. Ersterer enthält Stoffe, die die Haut verbrennen können. Der Blütenstaub des letzteren löst bei einigen Menschen eine Allergie aus. Massenvermehrungen eingebürgerter Organismen in einer etablierten Biozönose gelten als ein Untersuchungsgegenstand, der an vielen Beispielen studiert, aber bis heute nicht zu prognostischen Zwecken operationalisiert werden konnte. Untersuchungen haben gezeigt, dass nur langjährige rückblickende Untersuchungen differenzierte Aussagen erlauben.

## **6 Nachhaltigkeit der Kulturlandschaft: Natürlichkeit und Artenvielfalt**

Die in Resten verbliebene „Natürlichkeit“ einer Landschaft gilt als wertvoll und durch menschliche Einflussnahme gefährdet. Entsprechend hoch ist der Stellenwert hierauf bezogener Kriterien bei naturschutzfachlichen Bewertungen: Natürlichkeit war und ist eines der am häufigsten verwendeten Bewertungskriterien im Naturschutz.

In der Vegetationskunde werden zwei verschiedene Konzepte zur Erfassung der Natürlichkeit verwendet. Zur Unterscheidung verschiedener Stufen der Naturnähe (Westhoff 1949, 1951, Hornstein 1950, 1954, Ellenberg 1963) wird die ursprüngliche Vegetation, die zur Zeit ähnlichen Klimas ohne menschlichen Einfluss bestanden hat, zum historischen Vergleich mit dem heutigen Zustand herangezogen. In einem so stark vom Menschen veränderten Gebiet wie Mitteleuropa ist die zuver-

lässige Ermittlung des ursprünglichen Zustandes allerdings mit großen Schwierigkeiten verbunden.

Unter Verzicht auf historische Vergleiche wird die Natürlichkeit in Hinblick auf einen weitgehend durch Selbstregulation bestimmten Zustand analysiert, der dem heutigen Standortpotential entspricht. Der Kultureinfluss, die Hemerobie, wird nämlich als reziprokes Maß für Natürlichkeit (Jalas 1955, Sukopp 1972, Kowarik 2006) definiert. In diesem Fall wird ein Stadium als Bezugspunkt gewählt, das frei von reversiblen anthropogenen Einflüssen ist, jedoch irreversible Standort- (z. B. Aufschüttungen, großflächige Grundwasserabsenkungen) und Florenveränderungen einschließt. Dieser aktualistische Ansatz der Hemerobie erfordert eine Abschätzung irreversibler Veränderungen, die auch nach Wegfall des Kultureinflusses fortbestehen werden. Auf der Grundlage dieser Konstruktion wird die Schlussgesellschaft bestimmt. Ein Beispiel für das Untersuchungsgebiet bietet die Arbeit von Rühls (2001) über das Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin. Wenn irreversible Standortveränderungen nicht vorliegen, kommen beide Ansätze zum gleichen Ergebnis (Kowarik 2006).

Das Hemerobie-Konzept erwies sich als vorteilhaft, da in eine Hemerobieskala sowohl Standorte als auch Vegetationsbestände eingeordnet werden können. Die Beurteilung des Hemerobiegrades einer Landschaft oder mehrerer zu vergleichender Landschaftsausschnitte hat zunächst einen didaktischen Wert, da man die Stärke des bisherigen Kultureinflusses auf verschiedene Landschaftsteile mit Hilfe einer Rangordnungsskala zum Ausdruck bringen und kartographisch darstellen kann (Glavac 1996). Trotz aller Schwierigkeiten sind die Angaben über die Intensität des Kultureinflusses für Naturschutz und Landschaftsplanung wertvoll (vgl. Schlüter 1992). Sie können in umfassende ökologische Bewertungssysteme eingehen (vgl. Seibert 1980, Bastian & Schreiber 1994, Glavac 1996).

Während sich Generationen von Naturschützern intensiv mit dem Paradigma der Natürlichkeit beschäftigt haben, prägt spätestens seit der Begründung der Biodiversitätskonvention in Rio de Janeiro im Jahr 1992 das Leitbild der Nachhaltigkeit menschlicher Nutzungen die Diskussion. Auch die Bundesregierung hat in der Nachhaltigkeitsstrategie „Perspektiven für Deutschland“ vom April 2002 mit dem Konzept zur Einleitung und Durchsetzung einer nachhaltigen Entwicklung diesen Ansatz als zentrale Vorgabe allen politischen Handelns aufgenommen. In den Fortschrittsberichten 2004 und 2005 ist ein Indikator enthalten, der den Zustand von Natur und Landschaft in Deutschland und dessen Veränderungen abbildet. Dieser Indikator für die Artenvielfalt (Achtziger et al. 2004) ist zugleich der einzige innerhalb der umweltbezogenen Indikatoren mit einem Schwerpunkt auf der Darstellung des Umweltzustandes (hier: Arten, Lebensräume, Landschaften) an Hand von Organismen. Andere Indikatoren beziehen sich auf Belastungen wie die Emission von Treibhaus-

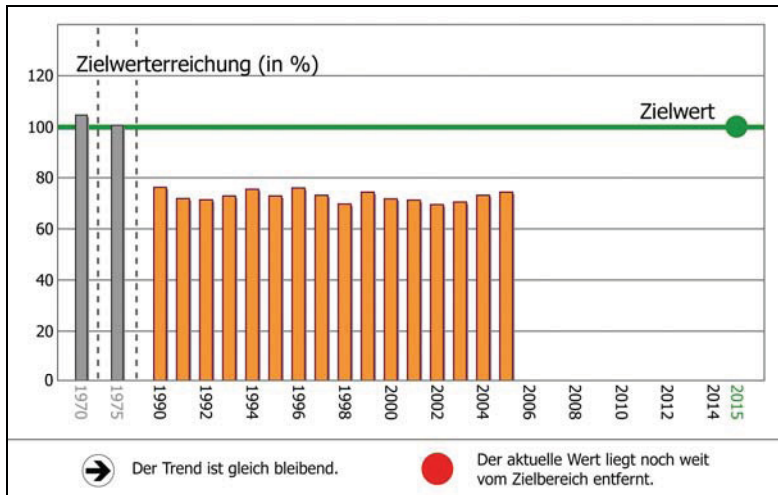


Abbildung 7

Zeitliche Entwicklung des Nachhaltigkeitsindikators für die Artenvielfalt (NHI) in Deutschland. Der für das Jahr 2015 angestrebte Zielwert der Bestände ausgewählter Vogelarten ist auf 100 % normiert. Für die Jahre 1970 und 1975 liegen rekonstruierte Werte vor. Der NHI zeigt von 1990 bis 2002 einen relativ ausgeglichenen Verlauf bei etwa 70 % des Zielwertes. Ein starker Rückgang der Vogelbestände hat vor 1990 stattgefunden. Um den Zielwert im Jahre 2015 zu erreichen, sind noch große Anstrengungen bei der Integration von Naturschutzbelangen in verschiedene Politikfelder notwendig (Achtziger et al. 2004, Dröschmeister et al. 2006, Quelle: BfN 2007).

gasen oder die Flächeninanspruchnahme. Die Basis des Indikators Artenvielfalt bilden die Bestandsentwicklungen einer gut untersuchten und dokumentierten Tiergruppe, der Brutvögel (Abb. 7).

Dabei geht es weniger um die hier untersuchten 59 Vogelarten als Schutzobjekte als vielmehr um die Qualität ihrer Lebensräume. Erfasst werden die wichtigsten Lebensräume und Landschaften wie Wälder, Agrarland, Gewässer, Siedlungen, Küsten und Meere sowie die Alpen. Hierbei legt der Indikator den Schwerpunkt auf die genutzte Landschaft, nicht auf Schutzgebiete. Die Qualität der „Normallandschaft“ ist letztlich der entscheidende Faktor für die Erhaltung der Artenvielfalt auf der gesamten Fläche Deutschlands. Der Indikator entspricht dem Verständnis einer neueren Naturschutzpolitik, die das Anliegen eines nachhaltigen Umgangs mit Natur und Landschaft in der Gesamtfläche vertritt. Er ermöglicht eine Kontrolle der Erreichung vorab quantitativ bestimmter Ziele, ist aber kein Instrument der Ursachenforschung, da die Verursacher von Veränderungen mit Hilfe dieses Instruments in der Regel nicht eindeutig identifiziert werden können (Achtziger et al. 2004). Übereinstimmend mit Beobachtungen in anderen Ländern Europas war von 1970 bis 1990 ein besonders starker Rückgang des Wertes für den Teilindikator Agrarland festzustellen, bedingt durch die Intensivierung der Landwirtschaft.

In Zukunft werden bedeutende Veränderungen von Natur und Landschaft einerseits durch Klimaveränderungen und andererseits durch die Agrar-, Umwelt- und Naturschutzpolitik der Europäischen Union bestimmt sein. Zuverlässige Prognosen erscheinen nicht möglich. Eine Fortsetzung der derzeitigen globalen Entwicklung wird bestehende anthropogene Veränderungen beschleunigen. Regional werden aber auch Umsetzungsstrategien für eine dauerhaft natur- und umweltgerechte, sozialverträgliche und zugleich ökonomisch tragfähige Entwicklung der Kulturlandschaft geprüft und exemplarisch erprobt. Wie der Klimagipfel in Nairobi gezeigt hat, sind derartige Lösungen im globalen Maßstab ungleich schwieriger zu erzielen.

## Literatur

- Abel, W. (1978): Agrarkrisen und Agrarkonjunktur. Eine Geschichte der Land- u. Ernährungswirtschaft Mitteleuropas seit dem hohen Mittelalter, <sup>3</sup>Hamburg: Parey.
- Achtziger, R., Stickroth, H. & R. Zieschank (2004): Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt – ein Indikator für den Zustand von Natur und Landschaft in Deutschland. Bundesamt für Naturschutz, Bonn – Bad Godesberg. In: *Angew. Landschaftsökologie* 63, S. 1–137.
- Bastian, O. & K.-F. Schreiber (Hg.) (1994): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft, Jena: Fischer.
- Bayerl, G. (2006): Geschichte der Landnutzung in der Region Barnim-Uckermark. Materialien der IAG Zukunftsorientierte Nutzung ländlicher Räume der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften 12, Berlin, S. 1–56.
- Beck, R. (1994): Die Abschaffung der „Wildnis“. In: *Der Bürger im Staat* 44, S. 14–21.
- Bohm, E. (1969): Zum Stand der Wüstungsforschung in Brandenburg zwischen Elbe und Oder. In: *Jahrbuch für die Geschichte Mittel- und Ostdeutschlands* 18, S. 289–318.
- Bork, H.-R. (1988): Bodenerosion und Umwelt. Verlauf, Ursachen und Folgen der mittelalterlichen und neuzeitlichen Bodenerosion. In: *Landschaftsgenese und Landschaftsökologie* 13, S. 1–249.
- Bork, H.-R., Bork, H., Dalchow, C., Faust, B., Piorr, H.-P. & T. Schatz (1998): Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. Wirkungen des Menschen auf Landschaften, Gotha: Klett-Perthes.
- Bork, H.-R. & K.-H. Erdmann (2002): Natur zwischen Wandel und Veränderung. Phänomene, Prozesse, Entwicklungen. In: Erdmann, K.-H. & C. Schell (Bearb.), *Natur zwischen Wandel und Veränderung. Ursache, Wirkungen, Konsequenzen*, hrsg. vom Bundesamt für Naturschutz, Berlin: Springer, S. 5–22.
- Bremer, K. (1973): Veränderungen der Waldverbreitung 1780–1860–1940. In: Schulze, B. (Begr.), Quirin, H. (Hg.) & G. Heinrich (Hg.), *Historischer Handatlas von Brandenburg und Berlin*, Blatt 43, Berlin: de Gruyter, Karte mit Erl. 6 S.

- Cordes, H., Feder, J., Hellberg, F., Metzger, D. & B. Wittig (Hg.) (2006): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen des Elbe-Weser-Gebietes, Bremen.
- Dröschmeister, R., Benzler, A., Berhorn, F., Doeringhaus, A., Eichen, C., Fritsche, B., Graef, F., Neukirchen, M., Sukopp, U., Weddeling, K. & Züghart, W. (2006): Naturschutzmonitoring: Potenziale und Perspektiven. In: *Natur und Landschaft* 81 (12), S. 578–584.
- Dreibrodt, S. & H.-R. Bork (2006): See-Geheimnisse: das Geschichtsbuch unter dem Belauer See (Schleswig-Holstein). In: Bork, H.-R.: *Landschaften der Erde unter dem Einfluss des Menschen*, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, S. 121–128.
- Ellenberg, H. (1963): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in kausaler, dynamischer und historischer Sicht*, Stuttgart: Ulmer.
- Elton, C. S. (1958): *The ecology of invasions by animals and plants*, London: Methuen.
- Fischer, R. E. (1967ff.): *Brandenburgisches Namenbuch*, Teil 1–11, Weimar: Böhlau (Berliner Beiträge zur Namenforschung 1–4, 6–12).
- Flade, M., Plachter, H., Henne, E. & K. Anders (Hg.) (2003): *Naturschutz in der Agrarlandschaft. Ergebnisse des Schorfheide-Chorin-Projektes*, Wiebelsheim: Quelle & Meyer.
- Flade, M., Plachter, H., Schmidt, R. & A. Werner (Hg.) (2006): *Nature Conservation in Agricultural Ecosystems*, Wiebelsheim: Quelle & Meyer.
- Fügener, K. (2002): *Wandel der Landschaft und ihrer Eigenart in Abhängigkeit von gesellschaftlichen und sozioökonomischen Einflüssen am Beispiel einer Region in der Uckermark*, dissertation.de, Berlin (zugl. Diss. Humboldt-Univ., Berlin).
- Fukarek, F. (1988): Ein Beitrag zur Entwicklung und Veränderung der Gefäßpflanzenflora von Mecklenburg. In: *Gleditschia* 16, S. 69–74.
- Fukarek, F. & H. Henker (Hg.) (2006): *Flora von Mecklenburg-Vorpommern*, Jena: Weissdorn.
- Glavac, V. (1996): *Vegetationsökologie. Grundfragen, Aufgaben, Methoden*, Jena: Fischer.
- Hampicke, U., Litterski, B. & W. Wichtmann (Hg.) (2005): *Ackerlandschaften. Nachhaltigkeit und Naturschutz auf ertragsschwachen Standorten*, Berlin: Springer.
- Henniges, Y. & F.-M. Chmielewski (2006): *Stadt-Umland-Gradienten phänologischer Phasen im Raum Berlin 2006. Materialien der IAG Zukunftsorientierte Nutzung ländlicher Räume der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften* 11, S. 1–33.
- Hofmann, G. & U. Pommer (2005): *Potentielle Natürliche Vegetation von Brandenburg und Berlin mit Karte im Maßstab 1 : 200.000*. In: *Eberswalder Forstliche Schriftenreihe* 24, S. 1–315.
- Hornstein, F. v. (1950): *Theorie und Anwendung der Waldgeschichte*. In: *Forstwiss. Centr.bl.* 69, S. 161–177.
- Ders. (1954): *Vom Sinn der Waldgeschichte*. In: *Angew. Pflanzensoz.* 2, S. 685–707.
- Hueck, K. (1929): *Botanische Ausflüge durch die Mark Brandenburg*, Berlin-Lichterfelde: Hugo Bermühler.



- Jalas, J. (1955): Hemerobe und hemerochore Pflanzenarten. Ein terminologischer Reformversuch. In: Acta Soc. Fauna Flora Fenn 72 (11), S. 1–15.
- Kirsch, K. (2005): Dorfgründungen und Wüstungen in der Uckermark – Umstrukturierungen im Spiegel archäologischer, schriftlicher und namenkundlicher Quellen. In: Biermann F. & G. Mangelsdorf (Hg.), Die bäuerliche Ostsiedlung des Mittelalters in Nordostdeutschland. Untersuchungen zum Landesausbau des 12. bis 14. Jahrhunderts im ländlichen Raum, Frankfurt am Main: Peter Lang (Greifswalder Mitteilungen – Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte und Mittelalterarchäologie 7).
- Korneck, D. & H. Sukopp (1988): Rote Liste der in der Bundesrepublik Deutschland ausgestorbenen, verschollenen und gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen und ihre Auswertung für den Naturschutz. Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie, Bonn – Bad Godesberg (Schriftenreihe für Vegetationskunde 19).
- Kowarik, I. (1988): Zum menschlichen Einfluß auf Flora und Vegetation. Theoretische Konzepte und ein Quantifizierungsansatz am Beispiel von Berlin (West). In: Landschaftsentwicklung und Umweltforschung 56, S. 1–280.
- Kowarik, I. (1992): Einführung und Ausbreitung nichteinheimischer Gehölzarten in Berlin und Brandenburg und ihre Folgen für Flora und Vegetation. Ein Modell für die Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen. In: Verh. Bot. Ver. Berlin Brandenburg, Beih. 3, S. 1–188.
- Kowarik, I. (2003): Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa, Stuttgart: Ulmer.
- Kowarik, I. (2006): Natürlichkeit, Naturnähe und Hemerobie als Bewertungskriterien. In: Handbuch der Umweltwissenschaften, Kap. VI–3.12 der Losebl.-Ausg. in Ordner, Landsberg: ecomed, S. 1–18.
- Krausch, H.-D. (1960): Wüstungsforschung in Brandenburg. In: Märkische Heimat 4, S. 151–160.
- Leuschner, J. (1983): Deutschland im späten Mittelalter, <sup>2</sup>Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht (Deutsche Geschichte 3).
- Mangelsdorf, G. (1994): Die Ortswüstungen des Havellandes. Ein Beitrag zur historisch-archäologischen Wüstungskunde der Mark Brandenburg, Berlin: de Gruyter (Veröff. d. Hist. Komm. zu Berlin 86).
- Marsh, G. P. (1864): Man and Nature. Or, Physical Geography as Modified by Human Action, London: Sampson Low & Marston.
- Mitscherlich, G. (1995): Die Welt, in der wir leben. Entstehung, Entwicklung, heutiger Stand, Freiburg i. Br.: Rombach (Rombach Wissenschaft – Reihe Ökologie 2).
- Park, R. E. (1925): The city. Suggestions for the investigation of human behavior in the urban environment. In: Park, R. E., Burgess, E. W. & R. D. Mackenzie, The city, Chicago: University of Chicago Press, S. 1–46.

- Rikli, M. (1903): Die Anthropochoren und der Formenkreis des *Nasturtium palustre* DC. In: Ber. Zürcherich. Bot. Ges. 8, in: Ber. Schweiz. Bot. Ges. 13, S. 71–82.
- Ristow, M., Herrmann, A., Illig, H., Kläge, H.-Ch., Klemm, G., Kummer, V., Machatzi, B., Rätzel, S., Schwarz, R. & F. Zimmerman (2006): Liste und Rote Liste der etablierten Gefäßpflanzen Brandenburgs. In: Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 15 (4), Beilage, S. 1–163.
- Rühs, M. (2001): Anwendung des Hemerobie-Konzeptes in Agrarlandschaften am Beispiel des Biosphärenreservates Schorfheide-Chorin, Bern: vaö, Verl. Agrarökologie (Agrarökologie 40).
- Schauer, W. (1966): Untersuchungen zur Waldflächenveränderung im Bereich des Großblattes Templin-Schwedt-Freienwalde während der Zeit von 1780 bis 1937. In: Archiv für Forstwesen 15, S. 1307–1326.
- Schlüter, H. (1992): Vegetationsökologische Analyse der Flächennutzungs mosaik Nordostdeutschlands. Natürlichkeitsgrad der Vegetation in den neuen Bundesländern. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 5, S. 173–180 und Karte.
- Schmid, B. (1996): Wieviel Natur brauchen wir? In: Gaia 5, S. 225–235.
- Schuster, P. (1999): Die Krise des Spätmittelalters. In: Historische Zeitschrift 269, S. 19–55.
- Seibert, P. (1980): Ökologische Bewertung von homogenen Landschaftsteilen, Ökosystemen und Pflanzengesellschaften. In: Ber. ANL 4, S. 10–23.
- Sinnecker, H. (1971): Allgemeine Epidemiologie, Jena: Fischer.
- Sukopp, H. (1962): Neophyten in natürlichen Pflanzengesellschaften Mitteleuropas. In: Ber. Dtsch. Bot. Ges. 75, S. 193–205.
- Sukopp, H. (1972): Wandel von Flora und Vegetation in Mitteleuropa unter dem Einfluß des Menschen. In: Ber. Landwirtsch. 50, S. 112–139.
- Sukopp, H. (1976): Dynamik und Konstanz in der Flora der Bundesrepublik Deutschland. In: Sukopp, H. & W. Trautmann (Hg.), Veränderungen der Flora und Fauna in der Bundesrepublik Deutschland, Bonn – Bad Godesberg: Bundesanst. für Vegetationskunde, Naturschutz u. Landschaftspflege, S. 9–26 (Schriftenreihe für Vegetationskunde 10).
- Sukopp, H. (2006): Apophytes in the flora of Central Europe. In: Polish Botanical Studies 22, S. 473–485.
- Sukopp, H., Blume, H.-P., Chinnow, D., Kunick, W., Runge, M. & F. Zacharias (1974): Ökologische Charakteristik von Großstädten, besonders anthropogene Veränderungen von Klima, Boden und Vegetation. In: TUB, Zeitschrift der Technischen Universität Berlin 6, S. 469–488.
- Sukopp, H. & Wurzel, A. (1995): Klima- und Florenveränderungen in Stadtgebieten. In: Angewandte Landschaftsökologie 4, S. 103–130.
- Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern (Hg.) (2003): Die Naturschutzgebiete in Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin: Demmler.

- Westhoff, V. (1949): Schaakspel met de natuur. In: *Natuur Landschap* 3, S. 54–62.
- Westhoff, V. (1951): De betekenis van natuurgebieden voor wetenschap en practijk, Contact-Commissie voor Natuur- en Landschapsbescherming, Amsterdam.
- Willerding, U. (1986): Zur Geschichte der Unkräuter Mitteleuropas, Neumünster: Wachholtz (Göttinger Schriften zur Vor- und Frühgeschichte 22).
- Wolters, S. (2002): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen zur spätglazialen und holozänen Landschaftsentwicklung in der Döberitzer Heide (Brandenburg), Berlin: Cramer (Dissertationes Botanicae 366).
- Wulf, M. & R. Schmidt (1996): Die Entwicklung der Waldverteilung in Brandenburg in Beziehung zu den naturräumlichen Bedingungen. In: *Beiträge zur Forstwirtschaft und Landschaftsökologie* 30/3, S. 125–131.
- Zacharias, F. (1972): Blühphaseneintritt an Straßenbäumen (insbesondere *Tilia x euchlora* Koch) und Temperaturverteilung in Westberlin, Diss. FU-Berlin.

## Regionalpolitische Antworten auf die Peripherisierung ländlicher Räume

Gerne greife ich den leitenden Begriff des Beitrags von Herbert Sukopp auf: Die Entwicklung der „Kulturlandschaft“ kann ein Startpunkt sein. Allerdings möchte ich den Begriff um die soziale Dimension erweitern: Wie und durch wen wird eine Kulturlandschaft gestaltet, genutzt, verändert? Wenn die Naturwissenschaften in dieser Hinsicht von „anthropogenen“ Faktoren sprechen: Ist es nicht genauer (also aussagekräftiger), stattdessen von den konkreten Akteuren und Nutzergruppen zu sprechen, von ihren Interessen, ihren Vorstellungen, ihren Ressourcen? Ließe sich nicht zeigen, dass mit solcher ‘Anstrengung des Begriffs’ ein komplexeres Landschaftsgeschehen erfassbar wird? Ja, dass auch in einem komplexeren Sinne Partei ergriffen wird – in unserem Fall für eine Region, die früher eher als „ostelbisches Armenhaus“ oder als „märkische Streusandbüchse“ bezeichnet wurde? Tatsächlich war es in preußischen Zeiten gelungen, nicht nur geeignete großflächige Wirtschaftseinheiten zu bilden, sondern eine kulturell geprägte Lebensführung auf Landschlössern, Gutshöfen und in Kleinstädten zu organisieren – mit dem Ergebnis, dass die Landschaft trotz ihrer Kargheit aufgewertet wurde. Die Landarbeiter freilich – das sei nicht vergessen – blieben trotz gradueller Verbesserungen bis 1918 eine stark benachteiligte Bevölkerungsgruppe. Theodor Fontane und Max Weber lassen grüßen! Heute scheint ein eigener Weg der regionalen Entwicklung ländlicher Räume kaum mehr realisierbar zu sein. Warum nicht?

### Zum Begriff „Peripherisierung“

Bereits seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts gewannen die industrialisierten Städte in Deutschland eine Vormachtstellung. Seitdem sind verschiedene Wellen der Entwicklung über die ländlichen Räume hinweg gezogen. Sie scheinen insgesamt einzumünden in eine *Abseitsstellung*, in einen *Funktionsverlust* dieser Räume, in eine weitreichende Abhängigkeit von den Entwicklungen in den Zentren. Das erklärt, warum dieser Typus von Kulturlandschaften heute in erster Linie unter dem Gesichtspunkt des Ressourcenschutzes betrachtet wird.

Das war noch vor 15 Jahren anders: Die klassische Position der Regionalpolitik, Fördermittel auch in strukturschwache ländliche Räume zu lenken, wurde in vollem Umfang auf die ostdeutschen Regionen angewandt. In Brandenburg flossen zum Beispiel in den 90er Jahren 75 % der Mittel aus der Gemeinschaftsaufgabe zur Regionalen Wirtschaftsförderung (GRW) in den äußeren Entwicklungsraum (vor allem in die alt-industriellen Zentren jenseits des ‘Städtekrans’); inzwischen sind es noch etwa 60 % (weiter sinkend). Man war sich sicher, dass eine nachhaltige Ausgleichspolitik zum Gelingen eines allgemeinen Wachstumsmodells beitragen würde. Diese Auffassung ist inzwischen erschüttert; jede Art von Ausgleichspolitik – also durch Umverteilung von Mitteln von den prosperierenden zu den schwächeren Regionen – verliert heute an Überzeugungskraft. Die innovativen Kräfte werden in den Ballungsräumen gesehen, sie gelten als Garanten des Wachstums und der Wettbewerbsfähigkeit – übrigens deutlich verstärkt durch die Regionalpolitik der EU und die seit zehn Jahren favorisierte Politik der Metropolregionen.

Ich verwende im Folgenden den Begriff der „Peripherisierung“, um die so bewirkte Abseitsstellung der ländlichen Räume zu kennzeichnen. Wie so oft vermag auch hier der entsprechende Kontrastbegriff zu erhellen, worauf es ankommen soll: Der Prozess einer Peripherisierung lässt sich nur in Abhängigkeit von *zentripetalen* Vorgängen, das heißt – im mathematischen Sinne –, als eine Funktion von Zentralisierungen sinnvoll beschreiben. Es sind die Logik und die Dynamik der räumlichen *Zentralisierungen* (z. B. in den größeren Stadt- oder gar Metropolregionen), welche die Abseitsstellung der übrigen Räume weitgehend bestimmen. Und zwar dadurch, dass sie – die Zentralisierungen – wirtschaftliche Produktivität, intellektuelle Innovationsfähigkeit, Infrastrukturfunktionen, aber eben auch Bewohner und Arbeitskräfte *bündeln* – und damit gleichzeitig den peripherisierten Räumen entziehen.

So betrachtet, gilt die Dynamik der Zentren mit ihren eigenen Regelsystemen als *Subjekt* der sozial-räumlichen Entwicklung insgesamt. Die funktionalen Verflechtungen, die „Lebensadern“ zwischen zentralisierten und peripherisierten Teilräumen, seien sie ökonomischer, siedlungsstruktureller, kultureller oder ökologischer Art, sind nur durch lose Kopplungen gekennzeichnet. Die peripherisierten Teilräume werden in ihrer Entwicklung graduell geschwächt, in Stagnation versetzt oder gar über längere Zeit hinweg abgekoppelt. Was sind die Folgen?

Zum einen: *Funktionsverlust und Bedeutungsverlust* bewirken schrittweise eine Entdifferenzierung und Fragmentierung der in den ländlichen Räumen ehemals vorhandenen Vielfalt. Es kommt zu Kontraktionen (Schrumpfungen) bei Bewohner- und Arbeitskräftegruppen in Verbindung mit der Reduzierung auf wenige Nutzungen, auf minimale Infrastruktur-Ausstattungen, auf spärliche Handlungsprogramme.

Zum zweiten: Das „Abgehängtsein“ von zentralen Entwicklungen schafft die Bedingungen für einen schmalen, *provinziellen Regionalismus*; breites Wissen und gute

Qualifizierungen gehen nach und nach verloren. Der Regionalismus ist zwiespältig; er nährt einen Anti-Affekt gegen Dynamik und Modernisierung (und kaschiert so den Mangel an eigener ökonomischer Tragfähigkeit), er bietet aber auch Chancen für soziale experimentelle Nutzungen und Lebensformen ohne den Druck der hegemonialen Zentralentwicklungen.

Zum dritten können die losen *Kopplungen vollends abreißen*, das heißt, die Entleerung ganzer Landstriche über einen längeren Zeitraum führt dann zu Brachflächen und „Wüstungen“ (aufgegebene Siedlungsräume), die Chancen für neue, nischenartige Nutzungen gehen gegen Null.

So zugespitzt, erscheint dies als die eigentliche *Provokation*: Was in Ländern wie in Skandinavien oder Kanada – allseits anerkannt – zum typischen Merkmal ihrer Wirtschafts- und Sozialgeschichte zählt, das kommt uns volkswirtschaftlich, aber auch sozialstaatlich skandalös vor, dagegen sträuben sich alle, die professionell mit dem Schicksal der ländlichen Räume befasst sind. Besitzen wir nicht doch wirksame Gegensteuerungsmöglichkeiten, schlummert nicht doch unter der Peripherisierungs-Leere eine langsam wieder erwachende Chance für eine andere Zukunft, so dass der Puls wieder zu schlagen beginnt?

Bevor ich die hierzu unternommenen Aktivitäten skizziere, muss an diesem Punkt kurz innegehalten werden: Aus allen Stellungnahmen und Empfehlungen der letzten Jahre – sie können noch so profund, noch so empirisch belegt sein – springt den Beobachter eine Botschaft an: *Peripherisierung soll nicht stattfinden*; und vor allem die „*öffentliche Hand*“ muss ihrem Geschehen entgegenwirken! Eine seltsame Haltung – sie erscheint als in sich widersprüchliche, ja schizophrene politische Grundposition. Warum? Weil in dem einen politischen Diskurs das Ja zur kapitalistischen, wettbewerbsorientierten, räumlich entgrenzten Wirtschaftsordnung (Ausnahme Die Linke/PDS) immer wieder beschworen wird, obwohl klar ist, dass diese Wirtschaftsordnung genau die Arten von Peripherisierung hervorbringt, die in einem anderen politischen Diskurs, in dem es vorrangig um Ausgleichspolitik und gleichwertige Lebensbedingungen geht, beklagt und bekämpft werden.

Es lohnt sich dennoch, den besonderen Typus der Regionalpolitik, der auf Peripherisierungsprozesse antworten soll, genauer zu beleuchten; die Regionalpolitik ist ein Scheinwerfer, den ich einschalte, auf der kargen Bühne der ländlichen Entwicklung. Das Licht erfasst Situationen mit Kulissen, mit Akteuren, mit Themen, mit Handlungen; das Ganze wirkt erst einmal unübersichtlich.

## Die regionalpolitische Bühne

1. Zunächst scheint die Bühne leer zu sein: Das Stück wird nicht aufgeführt, es gibt gar keine Regionalpolitik! Die frühere Policy-Forschung hat uns den Blick darauf

gelehrt, dass Politik als Regierungshandeln prinzipiell nach Ressortgliederung und mit Hilfe ressortspezifischer Konzepte und Programme gemacht wird, und zwar als top-down-Prozess (also hierarchisch). Im Bereich der regionalen, das heißt, sozial-räumlichen Probleme gibt es keine klare ressortpolitische Zuständigkeit. Das ist zweifellos ein Manko. Etwa im Vergleich zur Verkehrswegeplanung oder zur Wohnungsbauförderung fehlt es an Handlungsrouninen, es gibt keine allseits praktizierten Instrumentarien, keine finanzielle Absicherung in den Haushalten, keine fachlichen Spezialisten.

2. Beim genaueren Hinsehen merken wir als Beobachter, dass doch etwas aufgeführt wird, allerdings spielt jede kleine Gruppe offenbar ihr eigenes Stück. Im Land Brandenburg sind – um nur die wichtigsten öffentlichen Akteure zu nennen – für eine Politik der regionalen Entwicklung zuständig: das Wirtschaftsministerium (regionale Wirtschaftsförderung), das Infrastrukturministerium (Stadt- und Verkehrsentwicklung), das Landwirtschaftsministerium (Politik der ländlichen Entwicklung, zusammen mit der Umwelt- und Naturschutzpolitik). Flankiert werden sie von einzelnen Maßnahmen weiterer Ministerien (z. B. der Gebietsreform durch das Innenministerium) – und dies je nach eigenen Ressortkriterien. Den *Zusammenhalt* sollen Landesentwicklungsprogramme (gemeinsam mit Berlin) und die Regionalplanung garantieren, die jedoch in den Fachressorts nicht gerade fest verankert sind. Zusätzlich erkennen wir noch die Mitspieler in den höheren Etagen: den Bund zum Beispiel im Rahmen des Aufbau-Ost-Programms oder die EU mit ihren längerfristig wirksamen Strukturfonds. – So betrachtet, besteht Regionalpolitik lediglich aus der Summe der Einzelmaßnahmen höchst unterschiedlicher Akteure. Nach meiner Kenntnis führt dies unvermeidlich zu einer geringeren Gesamt-Effektivität. Jedes Ministerium verfolgt seine eigenen Handlungskonzepte mit eigenen Fördertöpfen, und die Regionalplanung betreibt mit gewaltigem Aufwand ihr Zentrale-Orte-System mit der Festlegung von Standorten für regionale Einrichtungen (so aufwendig, so konfliktträchtig, dass für die Region Uckermark-Barnim bis heute kein integrierter Regionalplan vorliegt).

3. Diese Aufsplitterung bietet allerdings auch eine Chance. Seit einigen Jahren erleben die Zuschauer, das zeigen neuere Policy-Analysen, dass in vielen Regionen Deutschlands und der EU aus disparaten Situationen schrittweise *Netzwerke* unter Einbeziehung gesellschaftlicher Gruppen (vor allem wirtschaftlicher Akteure) entstehen. Um im Bild zu bleiben: Die Akteure auf der Bühne gehen aufeinander zu und bemühen sich doch noch um ein gemeinsames Stück. Dieser Szenenwechsel ermöglicht uns, zur eigentlichen regionalpolitischen Kernfrage – bezogen auf ländliche Räume – vorzustoßen: *Wie lässt sich eine peripherieadäquate Handlungs- und Steuerungsfähigkeit erreichen?* Welche Akteure können mit welcher Vernetzung zu welchen Issues mit welchen Ressourcen tätig werden? Die Regionalforschung sagt:

Policy-Netzwerke sind der erfolgversprechende Weg. In kritischen Zeiten beginnt ungeachtet der formal-hierarchischen Zuständigkeit eine Suche nach innovativen Lösungen, findet erfahrungsgemäß eine Kopplung zwischen Problemwahrnehmung, Vorschlägen (Konzepten) und der praktischen Politik und Verwaltung statt – wenn es denn ein günstiges „Fenster“, einen günstigen Zeitpunkt mit öffentlicher Aufmerksamkeit gibt.

## Strategische Überlegungen

Seit November 2005 wird in Brandenburg, abgestimmt mit Berlin, politisch eine neue Linie der Landesentwicklung favorisiert; sie setzt auf „zukunftsträchtige Wirtschaftsbereiche mit Innovationspotential“, was zu einer Gewichtsverschiebung zugunsten der engeren Metropolregion beitragen wird. Die Peripherisierungstendenz wird noch zunehmen. Welche Möglichkeiten bleiben den Räumen im Abseits?

### 1 Endogene Chancen

Eine innere Balance zwischen berlinfernen und berlinnahen Teilregionen zu erreichen, erscheint unrealistisch. Diese Räume sind strukturell sehr verschieden; sie benötigen daher auch unterschiedliche Strategien für ihre Stabilisierung bzw. Entwicklung.

Das wollte Brandenburg lange Zeit nicht wahrhaben. Die fünf Planungsregionen, die wie ‘Tortenstücke’ auf Berlin zulaufen, sollen „eine innerregionale Solidarität und Identität zwischen den ... [Kommunen] des engeren Verflechtungsraumes und denen des äußeren Entwicklungsraumes ... befördern“ (Begründung der Landesplanung). Die Realität sieht anders aus. Betrachten wir unsere Beispielregion im Nordosten Brandenburgs: Was verbindet Bernau mit Prenzlau; oder Stadterweiterungen (Berlinnähe) mit den Natur- und Landschaftsschutzgebieten im Odertal (Berlinferne)?

Heute wird die strukturelle Differenz mit dem neuen Konzentrationskonzept der Landesregierung indirekt anerkannt. Und das bedeutet: Die geschwächten Teilregionen erhalten das Signum von Nebenräumen, von *Nischen*. Für eigene Handlungskonzepte in den peripherisierten Räumen verbleiben nur geringe Möglichkeiten. Vor allem: Fehlt es an kritischer Masse (sowohl an „Humankapital“ als auch an wirtschaftlichem Interesse) und fehlt es an „Lebensadern“ zu den Zentren, stehen die Chancen schlecht. Eine zusätzliche Bedingung folgt aus den bereits erwähnten Ergebnissen der Policy-Forschung: Nur wenn die vorhandenen Akteure zum geeigneten Zeitpunkt zueinander finden, problembezogen ein handlungsfähiges Netzwerk



bilden, ein *Issue-Netzwerk*, und gemeinsame Konzepte auf den Weg bringen, lässt sich eine wirksame Umsteuerung erzielen.

Ein künftiger Horizont der Entwicklung wird dann vor allem als ländlicher Konsumtionsraum aufscheinen (Naherholung, Tourismus, natürliche Ressourcen). Auch aus ökonomischer Sicht fällt die Zukunftsprognose nicht anders aus: Für eine peripherieabbauende Regionalpolitik gibt es nur dann wirtschaftliche Gründe, wenn es gerade dort gelänge, bedeutsame Innovationen zu „implantieren“, die woanders nicht zum Tragen kämen. Nur in diesem Falle könnte aufs Neue mit einem ländlichen Produktionsraum (Landwirtschaft, Wald, Tierzucht u. ä.) gerechnet werden. Im übrigen stellen sich Distributionsfragen, muss demnach das soziale Problem regionalpolitisch beantwortet werden, ab welchem Punkt des Auseinanderdriftens die immobilen Bewohnergruppen (Alte, Landwirte, Dienstleister) einen finanziellen Ausgleich (z. B. über eine Subjektförderung) erhalten sollen; einen solchen Ausgleich gibt es bisher nur für die Landwirtschaft.

## 2 Rolle der Metropolregion

Lassen sich somit Peripherisierungsfolgen aus eigener Kraft nur in höchst bescheidenem Maße regionalpolitisch abbauen, richtet sich schließlich unser Scheinwerfer, mit dem wir die regionalpolitische Bühne beleuchtet haben, auf solche Räume, in denen tragfähige Zentralisierungen stattfinden. Die gibt es, wohlgemerkt, in Ausnahmen auch in den ländlichen Gebieten – denken wir an Usedom oder an einzelne attraktive Kulturprogramme (Neuhardenberg, Rheinsberg); doch sie bleiben dünn gesät. Die anderen Zentralisierungen, die ich eingangs als Verursacher von Peripherisierungen benannt habe, finden in den größeren Städten und vor allem – in unserem Beispiel – in der *Metropolregion* Berlin statt.

Im Grunde genommen lässt sich holzschnittartig sagen: Die großen Zentren bringen nicht nur peripherisierte ländliche Räume hervor, sie verfügen auch über die Ressourcen, um wenigstens selektiv eine Stabilisierung der berlinfernen Teilregionen zu ermöglichen. *Doch will die Metropolregion Berlin dies?* Das ist – lange schon – die Gretchenfrage der regionalpolitischen Debatten zwischen Berlin und Brandenburg. Im jüngst entstandenen Konzept der europäischen Metropolregion Berlin-Brandenburg (in der sämtliche Teilregionen Brandenburgs inbegriffen sein sollen) wird die strategische Differenz zwischen berlinfernen und berlinnahen Räumen wieder überwölbt. Das ist nicht überzeugend, denn – wie schon erwähnt – es kann keine einheitliche Strategie geben. Wohl aber kann die Metropolregion folgendes beitragen: die Leistungen der ländlichen Räume (Wasser, Erholungsangebote etc.) anerkennen und fördern, die Verkehrsverbindungen angemessen ausbauen und be-

treiben, einen gewissen Anteil von ihrem eigenen Produktivitätsplus in einem speziellen Finanzausgleich an die berlinfernen Teilregionen abgeben. Ob es den politischen Willen hierzu gibt, lässt sich derzeit nicht erkennen.

## Ausblick

Treten wir ein paar Schritte zurück, betrachten wir die ländliche Szenerie im europäischen Vergleichsblick: In vielen Ländern der EU finden ähnliche Peripherisierungsprozesse statt. Die Wettbewerbsorientierung der einzelnen Länder und ihrer metropolitanen Zentren zieht die Aufmerksamkeit ab von den Peripherien, schwächt sie grundlegend. Wir beobachten aber noch etwas anderes: Nach Jahrzehnten der Entleerung und der Bedeutungsverluste ist in manchen peripherisierten Regionen wieder Leben eingekehrt: so zum Beispiel im Apennin in Italien, im Zentralmassiv in Frankreich, in Irland. Es entsteht offenbar nach einer Zeit des Brachliegens, des Vergessens hie und da wieder ein Impuls, sich diese Landschaften auf neue Weise (auf neue Weise!) anzueignen. Menschen ziehen dorthin und bauen die Dörfer wieder auf, häufig Menschen, die zuvor noch nicht in solchen Landschaften gelebt haben.

Da wir Peripherisierung als einen zentralisierungsabhängigen Prozess verstehen wollen, sind Peripherisierungsfolgen prinzipiell umkehrbar, und zwar *durch entsprechende Initiativen seitens der Zentren* – das ist die vielleicht kühne, immerhin tröstliche Zukunftsaussage, das für heute letzte Bühnenbild. Wenn die Lichter ausgehen, können sie – zwar nicht generell, doch in manchen Fällen – auch wieder eingeschaltet werden!

## Literatur

- Beetz, S. (2006): Regionale Disparitäten und Steuerung ländlicher Entwicklung. Materialien der IAG Zukunftsorientierte Nutzung ländlicher Räume der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften 9, Berlin.
- Fromhold-Eisebith, M. (1995): Das 'kreative Milieu' als Motor regionalwirtschaftlicher Entwicklung. In: Geographische Zeitschrift 83, S. 30–47.
- Fürst, D. & H. Schubert (1998): Regionale Akteursnetzwerke. In: Raumforschung und Raumordnung 56, S. 352–361.
- Gailing, L. & K.-D. Keim (2006): Analyse von informellen und dezentralen Institutionen und Public Governance mit kulturlandschaftlichem Hintergrund. Materialien der IAG Zukunftsorientierte Nutzung ländlicher Räume der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften 6, Berlin.

- Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg. Leitbild für eine europäische Metropolregion, hrsg. von der Gemeinsamen Landesplanungsabteilung Berlin-Brandenburg, Dokumentation einer Fachkonferenz, Berlin 2006 (unveröff.).
- Héritier, A. (Hg.) (1993): Policy-Analyse. Kritik und Neuorientierung. Sonderheft 24 der Politischen Vierteljahresschrift, Opladen.
- Jordan, G. & K. Schubert (1992): A Preliminary Ordering of Policy Network Labels. In: European Journal of Political Research 21, S. 7–27.
- Keim, K.-D. (2001): Periphere Gebiete in Brandenburg – abhängig und unabhängig von Berlin. In: Zöpel, C. (Hg.), Brandenburg 2025 in der Mitte Europas, Berlin, S. 203–218.
- Keim, K.-D. (2004): Herausforderungen für die Regionalplanung aus der Sicht der regionalökonomischen und regionalsoziologischen Forschung. In: 10 Jahre Regionalplanung in Brandenburg. Dokumentation, hrsg. von der Gemeinsamen Landesplanungsabteilung Berlin-Brandenburg, Cottbus (unveröff.), S. 28–31.
- Keim, K.-D. (2006): Peripherisierung ländlicher Räume. In: Aus Politik und Zeitgeschichte 37, S. 3–7.
- Krieger-Boden, C. (1995): Neue Argumente für Regionalpolitik? Zur Fundierung der Regionalpolitik in älteren und neueren regionalökonomischen Theorien. In: Die Weltwirtschaft 2, S. 193–215.
- Lammers, K. (1998): Wirtschaftliche Konvergenz in der wirtschaftspolitischen Diskussion. In: Fischer, B. & T. Straubhaar (Hg.), Ökonomische Konvergenz in Theorie und Praxis, Baden-Baden, S. 195–206.

## Moderne Kulturlandschaften gestalten heißt, den Spagat zwischen Vertrautheit und Gewöhnungsbedürftigkeit wagen

### Was ist Landschaft?

Landschaft ist etwas außerordentlich Komplexes, nicht nur von ihrer Ausstattung her, sondern auch – oder insbesondere – bezüglich der Ansprüche, die an sie gestellt werden.<sup>1</sup> In den Ansprüchen sind seit mindestens zweihundert Jahren Konflikte angelegt, die nicht prinzipiell lösbar sind.

Zum einen ist Landschaft – und zwar seit Jahrtausenden:

- Wirtschaftsraum für Land-, Forst- und Wasserwirtschaft, für Rohstoffabbau,
- Siedlungsraum,
- Matrix für Infrastruktur,
- eine Ansammlung von Biotopen und Lebensgemeinschaften,
- Matrix für Prozesse, zum Beispiel für Stoffverlagerung und -ablagerung, und für Informationen.

Dieses So-Sein von Landschaft, oder anders: diese Betrachtung von Landschaft ist geschichtslos, auf aktuelle Funktionalität ausgerichtet; die Kausalitäten scheinen klar zu sein, Abläufe sind wiederholbar.

Zum Zweiten besitzt Landschaft eine historische Dimension. Wenn diese sichtbar ist, erkannt und gefühlt wird, dann wird Landschaft zur Kulturlandschaft<sup>2</sup> und zur Heimat, hat eine große emotionale, sinnliche und soziale, eine soziokulturelle Bedeutung. Diese Landschaft ist Projektionsraum, dessen Geschichtlichkeit immer wieder in gleicher Weise erfahren werden will. Während an den spezifischen *Gestalt*wert einer Wirtschaftslandschaft keine Anforderungen gestellt werden, benötigt die Kultur- oder Heimatlandschaft kollektive und individuelle Erinnerungsstücke, Symbole, Formen der Vertrautheit,<sup>3</sup> auch Ordnung und Wegsamkeit, also Formen

---

<sup>1</sup> Dazu auch Konold (2005a).

<sup>2</sup> Im Grunde sind die beiden Begriffe gleichbedeutend, dazu Haber (2000).

<sup>3</sup> Spiegel (1987)

der Orientierung, und hier und dort unverrückbare und nicht ersetzbare Örtlichkeiten, die den *Genius loci* in sich tragen.<sup>4</sup> Die jeweils eigenartigen Formen und Spuren stammen aus unterschiedlichen Zeitschichten und haben teilweise direkten Anschluss an die Gegenwart.

Welches sind nun – nur stichwortartig – die Indikatoren und dinglich fassbaren Elemente der Vertrautheit in diesen Landschaften?<sup>5</sup>

- Das Wald-Offenland-Verhältnis,
- der Waldanteil,
- Erscheinungsformen von natürlichen und künstlichen Gewässern,
- gehölzdominierte Strukturen und deren Anordnung im Raum, also mit spezifischen Geometrien,
- darunter Feldgehölze, Hecken, Baumreihen, Alleen, Einzelbäume,
- Mauern, Raine, Böschungen, Säume, Zäune,
- Steinhaufen,
- Gruben, Brüche und Stiche,
- bis hin zu oft kaum wahrnehmbaren, filigranen Strukturen: die Rücken und Furchen der ehemals sehr weit verbreiteten Wölbäcker oder durch Aufteilung der Allmende entstandene Gleichteile und Hackteile als Ausdruck einer lokal entstandener Ausprägung von Landnutzung (Abb. 1 und 2).<sup>6</sup>

Wir finden also Gewordenes, Gewachsenes („gewachsene Kulturlandschaft“), Nebenprodukte der Nutzung (Grube, Stich), zweckvoll Gestaltetes (Mauer) und artifizuell Gestaltetes – und zwar in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen. Hinzu kommen viele weitere Elemente wie Feld- und Sühnekreuze, Bildstöcke, Gedenksteine, Brunnen, Grenzmarkierungen, militärische Hinterlassenschaften und vieles andere mehr.<sup>7</sup> Eine ganz besondere Rolle – auch weil mit dem Motiv der Wegsamkeit verbunden – spielen die Wege in ihren Formen und Führungen und ihrer Hierarchie.

Dies soll nicht weiter vertieft werden. Doch spiegelt eine Kulturlandschaft – von einer übergeordneten Ebene aus betrachtet – Eigentumsverhältnisse, Erbsitten, Rechtsgeschichte, Agrar- und Forsttechnik, den Grad der Landeskultur, Konfession und Anderes wider. Die Landschaft ist lesbar; mit geschultem Auge kann diese Lesbarkeit bis in das Mittelalter zurückgehen. – Lassen wir das einfach so stehen.

---

<sup>4</sup> Krause (1999), Konold (2005b), Valena (2005).

<sup>5</sup> Diese Betrachtung ist maßstabsabhängig, kann also grobschlächtig bis höchst differenziert sein. Auch haben Kinder beispielsweise einen ganz anderen Horizont der Vertrautheit als Erwachsene.

<sup>6</sup> Schübel & Konold (1997), Konold (2007).

<sup>7</sup> Dazu z. B. Thierer (2006), Eberle & Reichert (2006).



Abbildung 1  
Infolge einer im 19. Jahrhundert vorgenommenen Allmendaufteilung entstandene und lange ackerbaulich genutzte Gleichteile in Häg-Ehrsberg im Südschwarzwald (Foto: W. Konold).



Abbildung 2  
Ebenfalls durch Allmendaufteilung im 19. Jahrhundert entstandene so genannte Hackteile, die bis ins 20. Jahrhundert als Acker genutzt wurden, Oberlenningen-Gutenberg am Rande der Schwäbischen Alb (Foto: K. Schübel).

## Akteure in der Landschaft, Ansprüche an Landschaft

Verlassen wir die Objekte in der Landschaft und wenden uns den Subjekten der Nutzung und der Wahrnehmung zu, den menschlichen Akteuren. Vor dem Hintergrund der eingangs angerissenen Ansprüche an Landschaft wollen wir – sehr vereinfacht – zwei Gruppen unterscheiden:

- hier die *Gruppe der Wirtschaftler*, Erzeuger, zweckorientierten Gestalter (Gestaltung vom Heute aus gesehen) und die Experten um diese Wirtschaftler;
- dort die *Gruppe der Konsumenten* im weitesten Sinne, darunter Spaziergänger, Touristen und die Schützer (dahinter steckt: Naturschutz ist primär anthropozentrisch).

Für die erste Gruppe ist Landschaft Wirtschaftsraum (s. o.), Produktionsmittel, wobei der Nutzung, etwa bei der Rohstoffentnahme, immer wieder – wie oben angedeutet – Neben- und Abfallprodukte entstehen, die das Bild der Landschaft mitprägen, die aber nicht bewusst gestaltet wurden. Diese Gruppe agiert pragmatisch, einkommens- und marktorientiert, reagiert auf sich ändernde politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen, ist also prinzipiell änderungsbereit und anpassungsfähig, zukunftsorientiert, wenn auch nicht immer aus eigenem Antrieb heraus. Die zweite Gruppe hingegen hat eine andere Beziehung zu Landschaft. Sie erwartet Reize, Vielfalt von Arten, Strukturen und Nutzungsformen, erfreut sich an Heiden, verträumten Wiehern, Hainen, Hutungen, Hecken, an Quellen und Brunnen, Riegeln und Rainen, also an Elementen der Landschaft, die aus ganz unterschiedlichen und aus völlig verschiedenen wirtschaftlichen und funktionalen Zusammenhängen stammen. Die Gruppe pocht – der Inkonsistenz nicht bewusst – auf Statuserhalt, damit auch auf Wiedererkennungswert, ist eher vergangenheitsorientiert bzw. sucht Referenzen in der Vergangenheit. – Man kann jedoch nicht sagen, dass ein menschliches Individuum immer nur entweder der einen oder der anderen Gruppe angehört. Auch ein Kiesunternehmer, typischer Wirtschaftler, hängt an landschaftlichen Konventionen, braucht den Wiedererkennungswert seines Urlaubsortes im Schwarzwald oder in den Bayerischen Alpen.

Die einen scheinen immer voranzuschreiten, auch gezwungen zu sein, dieses zu tun, und schaffen neue, moderne, neomodische Landschaften; die Konsumenten scheinen mit mehr oder minder großem Abstand hinterher zu laufen. Ausschlaggebend für die gewünschte Referenz ist der eigene Erfahrungshorizont, wozu auch der der Eltern- und teilweise der der Großelterngeneration gehört. Ältere Landschaftsbilder, etwa das der „Verbesserten Dreifelderwirtschaft“ des 19. Jahrhunderts, werden nicht eingefordert. Wir wissen jedoch nicht genau, wie groß die zeitliche Distanz ist, ob sie gleich bleibt oder mal kürzer, mal länger ist (was ich glaube)

und wie schnell sich Gewöhnungseffekte einstellen. Diese stellen sich mit Sicherheit umso langsamer ein, je stärker die Brüche in der Landschaft sind und je mehr vom Vertrauten verloren geht.<sup>8</sup>

## Ältere und jüngere neue Kulturlandschaften

Wenn man sich mit Brüchen in der Kulturlandschaft (Sicht der Konsumenten) bzw. mit modernen Kulturlandschaften (Sicht der Produzenten) auseinandersetzt, kann es hilfreich sein, einen Blick auf neue Landschaften in früheren Zeiten zu werfen, Landschaften, die heute als harmonische, historische Kulturlandschaften geschätzt werden und wo man über Gewöhnungseffekte schon lange nicht mehr nachzudenken braucht. Damit sei auch schon mit Nachdruck gesagt, dass es in der Vergangenheit bei Weitem nicht nur gewachsene, gewordene Landschaften gegeben hat, sondern auch mit großem Aufwand gestaltete, geplante, verordnete, auch verbunden mit sozialen Verwerfungen – wie heute auch. Um für heutige Veränderungsprozesse zu lernen (wenn dies überhaupt möglich sein sollte), wäre es interessant zu wissen, wie es (a) mit der zeitgenössischen Akzeptanz ausgesehen hat und welches (b) die Prozesse waren und die „Geheimnisse“ sind, die diesen Landschaften heute das Prädikat einer geschätzten, von Eigenart geprägten Kulturlandschaft verleiht. Fast alle modernen Landschaften, auch die alten modernen, sind von Geometrien gezeichnet; das Gestaltete ist also ablesbar oder dringt zumindest in das Bewusstsein ein. In Folgenden sollen in einem vertikalen Zeitschnitt ein paar dieser Landschaften betrachtet werden, ohne ins Detail zu gehen und auch ohne den Anspruch zu erheben, die zur Verfügung stehende Literatur gänzlich zu überblicken.

(1) *Spätmittelalterliche, terrassierte Weinbaulandschaften* sind zweifellos das Eindrucksvollste und Atemberaubendste, was Mitteleuropa an Kulturlandschaftlichem zu bieten hat (Abb. 3). Sie sind erhaben, monumental, in ihrer Schönheit unangreifbar – jedoch von ihrer Funktion her „knallharte“ Zwecklandschaften, entstanden durch radikale Brüche. Vom Ahrtal heißt es beispielsweise, der „Ausbau der Steilhänge“ sei „im 12. und 13. Jahrhundert rasch vonstatten gegangen und abgeschlossen worden“.<sup>9</sup> Es wurden Wälder gerodet, Hutungen aufgegeben, Nutzungen umgewandelt – bis hin zum Verbot, weil befürchtet wurde, es könnte einen Mangel an Brotgetreide geben. Weinberge waren mittelalterliche Großbaustellen mit Einrichtung von Steinbrüchen, massiven Eingriffen in den Wasserhaushalt, Entsteinung der Böden und fortwährender Erosion über die folgenden Jahrhunderte hinweg,<sup>10</sup> eigentlich bis in die jüngste Vergangenheit, bis die Rebflächen dauerbegrünt wurden. Die

<sup>8</sup> Dazu z. B. Hellbrück (1999).

<sup>9</sup> Volk (1993), S. 59; Volk spricht auch von einer „ungestümen Ausweitung“ (S. 64).

<sup>10</sup> Ausführlicher dazu: Konold (2005c).





Abbildung 3  
Der Staufener Schlossberg im Markgräflerland (Foto: W. Konold).

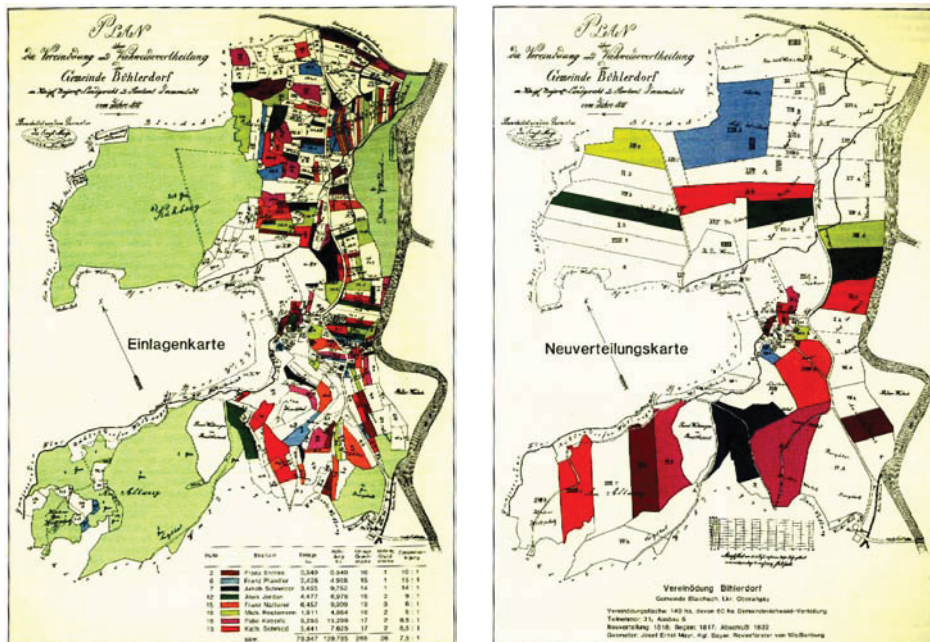


Abbildung 4  
Die Vereinigung in Bihlerdorf im Allgäu; Einlagenkarte (links) und Neuverteilung (1818; rechts) Die meisten Betriebe besaßen 40 bis 60 Parzellen, verteilt auf die Ösche der Dreifelderwirtschaft. Die Allmenden (grüne Flächen) wurden vollständig aufgelöst (aus Lochbrunner 1984).

schönsten Kulturlandschaften entstanden unter dem Einfluss gravierender Eingriffe! Zeitgenössische Äußerung zur Wahrnehmung sind mir nicht bekannt. Die Wahrnehmung von Landschaften folgte anderen Gesetzmäßigkeiten; die Gruppe der Konsumenten gab es noch nicht.

(2) *Die Vereinödung in Oberschwaben*: Das war die Aufhebung des Flurzwangs und der Weidedienstbarkeiten, die Einführung des Anerbenrechts, eine umfassende Flurneuordnung mit Grundstückszusammenlegung, die völlige Aufhebung der Gemeinheiten/Allmenden, die Melioration von Feuchtflächen und anderer „Ödländer“, die Aussiedlung („Hinausbau“) von Bauernhöfen aus dem Dorfverband in die freie Feldflur. Die Vereinödung war eine „Bewegung von unten“ und hatte um 1550 im Fürststift Kempten seinen Ausgang genommen und in den folgenden 300 Jahren um die 390.000 ha erfasst und mit tiefgreifender Radikalität verändert<sup>11</sup> in Richtung großflächigere Nutzungsstrukturen, Feldgraswirtschaft (vorher herrschte die Dreifelderwirtschaft), ab dem 19. Jahrhundert Wiesenwirtschaft, Einzelhöfe, neue Wegenetze, verbunden mit der Beseitigung vieler Kleinstrukturen und eben auch der Allmende (Abb. 4).

Die zeitgenössischen Quellen berichten von viel Beratung, Abstimmung, Ortsterminen; die Sekundärquellen darüber hinaus von Beispielgeben und Voneinander-Ab-schauen; fast alle sprechen von großer Akzeptanz. Lediglich vereinzelt tauchen kritische Töne auf, so 1822 bei einer Visitation des Oberamtes Waldsee: „Das Oberamt ... ist größtenteils vereinödet, nur wenige größere Dörfer finden sich noch und das ganze glaubt man habe ein der menschlichen Gesellschaft feindseliger Genius auseinandergerissen.“<sup>12</sup> Doch auch hier gilt: Die Gruppe der Konsumenten gab es noch nicht.

(3) *Die Verkopplungen im Norden Deutschlands* – in etwa parallel zur Hauptphase der Vereinödung zwischen 1750 und 1850 –, wo aus kleinparzellierten, strukturreichen Ackerbaulandschaften geordnete, bis ins Detail geregelte Knicklandschaften mit Feldgraswirtschaft gemacht wurden, das Ganze nicht ohne Friktionen ablaufend,<sup>13</sup> heute eine unumstritten schöne und erhaltenswerte Kulturlandschaft,<sup>14</sup> in deren Genese sich jedoch schon kritische Stimmen der „Konsumenten“ mischten. So, wenn auch nicht ganz zeitgenössisch, Ernst Rudorff, einer der Stammväter des Naturschutzes: „Das Malerische und Poetische der Landschaft entsteht, wo ihre Elemente in zwangloser Mischung verbunden sind, wie die Natur und das langsame Walten der Geschichte sie hat werden lassen. Je plötzlicher und gewaltsamer eine abstracte Theorie diesem Gewordenen aufgezwängt wird, je mathematischer sie ver-

---

<sup>11</sup> Ditz (1864), Dorn (1904), Sick (1982), Lochbrunner (1984).

<sup>12</sup> Zitiert nach Oswalt (2000), S. 42f.

<sup>13</sup> z. B. Marquardt (1950).

<sup>14</sup> z. B. Schröder (1988).

fährt, je radicaler sie die Scheidung jener Elemente in einzelne Kategorien vollzieht, die einem bestimmten Zweck dienen, um so sicherer vernichtet sie auch alle Physiognomie, allen Reiz individuellen Lebens. In Nord- und Mitteldeutschland ist man in diesem Sinne bemüht, gelegentlich der Verkopplungen und Gemeinheitstheilungen das bunte, anmuthige Land zu einem möglichst kahlen, glatt geschorenen, regelmäßig geviertheilten Landschaftsschema umzuarbeiten ...<sup>15</sup>

(4) *Die großen Meliorationslandschaften*, in denen im 18. und 19. Jahrhundert Brüche, Luche, Moore/Riede, Sandgebiete einer geometrisierenden Landeskultur unterzogen wurden, teils nur durchsetzbar mit Polizeischutz und begleitet von Fehlplanungen, falschen Maßnahmen und gebietsweise starken Protesten, gerade auch der „Produzenten“.<sup>16</sup> Über die andere Anspruchsgruppe habe ich keine Informationen. Sie gab es wohl nicht.

(5) *Die Großflächenlandwirtschafts-Landschaft in Ostdeutschland*: Großschläge nahezu unabhängig vom natürlichen Relief angelegt, komplexmelioriert, großmaschinentauglich, strukturarm, teils mit erheblichem Druck und Zwang durchgesetzt.<sup>17</sup> Zeitgenössisch kritische Stimmen zu dokumentieren war systembedingt kein Bedarf da; rückblickend lassen sie sich jedoch zu Gehör bringen.<sup>18</sup> Auch in diesen Landschaften wird heute von „gewachsener Kulturlandschaft“ und von Heimatlandschaft gesprochen (Abb. 5).

(6) *Rebflurbereinigungen und Großterrassen im Kaiserstuhl*:<sup>19</sup> erhebliche Ausdehnung der Rebflächen, vollständige Umgestaltung des Reliefs und der feineren Oberflächenformen, massive Eingriffe in den Wasserhaushalt und das Kleinklima, extreme Entmischung der Nutzung, ganz neues Wegenetz, Beseitigung zahlreicher Strukturen,<sup>20</sup> insbesondere auch der Lösshohlwege, Schaffung riesiger Böschungflächen, die nicht mit dem Gerät des Winzers zu pflegen sind. Es entstand eine nahezu völlig neue Produktionslandschaft. Die Proteste der „Konsumenten“, insbesondere der Schützer, waren massiv und laut und beklagten den Untergang einer einmaligen Kulturlandschaft.<sup>21</sup> Mittlerweile – die Flurbereinigung ging auch sukzessive mit viel mehr Gespür zur Sache – hat man alte Qualitäten wiederentdeckt, neue Potentiale erkannt und auch eine neue Beziehung zu der neuen Kulturlandschaft entwickelt;<sup>22</sup> oder man hat sich auch nur arrangiert (Abb. 6).

---

<sup>15</sup> Rudorff (1880).

<sup>16</sup> Kaup (1996), Gudermann (2000).

<sup>17</sup> zur Komplexmelioration Mannsfeld (1981), Bauerkämper (2003), Prütz (2006).

<sup>18</sup> Philipp (1997).

<sup>19</sup> Mayer (1997), Schumacher (2006).

<sup>20</sup> Die Eingriffe scheinen ähnlich gravierend gewesen zu sein wie diejenigen im Mittelalter.

<sup>21</sup> z. B. Fuchs (1977).

<sup>22</sup> Kobel-Lamparski & Lamparski (1994).



Abbildung 5  
Großschlag in der fruchtbaren, alt besiedelten Lommatzcher Pflege/Sachsen (Foto: W. Konold).



Abbildung 6  
Durch Flurbereinigung entstandene neue Reblandschaft im Kaiserstuhl (Foto: W. Konold).

## Zwischenfazit und Wende des Blicks in die Zukunft

Wir haben gesehen:

- Neue, jeweils moderne Landschaften sind wahrlich nichts Neues.
- Sie sind durch starke Eingriffe und große Rigidität bei der Umsetzung von Ideen entstanden.
- Ihr Gestaltwert und ihre Geschichtlichkeit stellen sich – nicht nur wegen ihres verschiedenen Alters – sehr unterschiedlich dar.
- Die jeweils zeitgenössische Akzeptanz folgt keiner einheitlichen Linie. Doch kommen in jüngerer Zeit immer stärker beide Anspruchsgruppen zum Tragen.
- Es stellen sich ganz offensichtlich in jedem Fall Gewöhnungseffekte und Identifizierung, resp. Vertrautheit ein (was auch „außerlandschaftliche“ Ursachen haben kann).
- Die Beurteilung von Maßstäblichkeit und harmonischen Proportionen hat sich gewandelt, beispielsweise bezogen auf Nutzflächen, Maschinen, Gebäude ...

Doch Akzeptanz und Vertrautheit dürfen sich heute nicht über mittel- bis längerfristige Gewöhnungseffekte einstellen, weil sonst die Akteursgruppen in immer stärkere Konflikte geraten. Neue Landschaften sollen daher auch Kontinuen, Formen der Vertrautheit aufweisen; wobei kleinflächige oder zeitlich befristete Brüche nicht gegen das Kontinuum stehen, sondern Teil davon sind.

Wenn wir Kontinuum und Vertrautheit auf einer abstrakten Ebene in Worte fassen wollen, dann könnten es diese sein:

- Keine großen Maßstabsbrüche begehen.
- Wegsamkeit und Orientierungsmöglichkeit schaffen.
- Marken in der Landschaft setzen.
- Wiederkehrende Motive auftauchen lassen.
- Für Ausblicke und Refugien sorgen.
- Spezifische Sichtbeziehungen schaffen.

Kontinuen tragen Geschichte und Lesbarkeit weiter, Formen der Vertrautheit – auch neu geschaffene – dienen der Identifikation. Landschaften ohne diese Ausstattung sind über längere Zeit geschichtslos und monokausal.

Werfen wir vor diesem Hintergrund einen Blick auf die mutmaßlichen neuen modernen Kulturlandschaften. Diese werden Reaktion und Spiegelbild<sup>23</sup> der Globalisierung, des demographischen Wandels, von Migrationsprozessen, des Klimawandels und der Preissteigerungen fossiler Energieträger sein.<sup>24</sup> Diese Megatrends könnte man in eine Hierarchie bringen; man könnte auf den unteren Ebenen dieser Hier-

---

<sup>23</sup> Kulturlandschaften sind *immer* Spiegelbild solcher Prozesse!

<sup>24</sup> Dazu z. B. Arge Future Landscapes (2005).

archie weitere Trends einfügen: Agrarstrukturwandel, Auseinanderklaffen der Einkommensschere (Nachfrage nach Qualität und nach möglichst billigen Lebensmitteln) u. a. Manche Trends sind beeinflussbar, manche nicht oder nur sehr langfristig. Die Politik muss innerhalb dieses Rahmens *Spielräume* offen halten oder schaffen – instrumentell, regulativ bzw. deregulativ und mit Anreizen –, damit sich, als Idealvorstellung, auf verschiedenen Maßstabsebenen ein raum-zeitliches Muster von Kulturlandschaftsformen erhalten oder entwickeln kann: mehrschichtig, vierdimensional, ein Muster/eine Mischung von Monofunktionalität und Multifunktionalität, eine Mischung von integrativen und segregativen Formen. Hierbei ist darauf zu achten, dass die traditionellen, unersetzbaren Kulturlandschaften (zum Beispiel die Weinberg-Monumente) nicht so weit schrumpfen, dass sie völlig isoliert und schließlich als Relikte musealisiert werden. Ebenso außen vor gehalten werden müssen Moore, Wildflüsse und andere Erscheinungen der natürlichen Natur.

## Elemente moderner Kulturlandschaften

### Integrativ

*Ansatz: neue Funktionen für vertraute Formen schaffen, dabei diese Formen vervielfachen, etwa*

- Niederwald für Energieholzerzeugung (flächig),
- Gehölzstrukturen für Energieholzerzeugung (linear),
- Grabensysteme für Grundwasseranreicherung und
- Kleinstrukturen (Raine, Hecken usw.) für Oberflächenabflusspufferung und Erosionsschutz<sup>25</sup> nutzen oder nutzbar machen.

Davon nicht zu trennen und ebenfalls integrativ ist der

*Ansatz: Neue Formen mit Vertrautheit ausstatten.*

- Vertraute Geometrien einbringen über stilvolle und mit dem Relief gehende Wegeführungen, über Schlaggrößen und Schlagführung und Gehölzstrukturen (die gleichzeitig Verbundelemente sein können).
- Sichtbeziehungen erhalten oder neu schaffen, auch durch Gestaltung des Reliefs.
- Von der Funktion, nicht aber vom Bild her neue Nutzungsformen etablieren, zum Beispiel Agroforst-Systeme,<sup>26</sup> etwa Wertholz- plus ackerbauliche Energiepflanzenproduktion, Wertholz- plus Marktfruchtproduktion, Wertholzproduktion plus Grünland (auch für Energiebiomasse), Wertholzproduktion plus Kurzumtriebskulturen (diese linear oder flächig).

---

<sup>25</sup> Bronstert et al. (1995).

<sup>26</sup> Spiecker et al. (2006).

## Segregativ

*Ansatz: Wiederaufnahme „altmodischer“ Nutzungsformen unter Auflösung vorhandener Grenzen und Geometrien;*

- dies in Gestalt großflächiger, extensiver Weiden, in die hier und dort auch Wald einbezogen wird.<sup>27</sup> Dabei sollen auch bewusst eingefahrene Bahnen verlassen werden (Abb. 7). Man könnte hier weiterdenken in Richtung Game-Farming in Großgehägen, von der Nutzung her vergleichbar mit den feudalen Tiergärten, wo Wildtiere zum Zweck der Jagd gehalten wurden.

Beides würde sich eignen für Gebiete, in denen sich die Landwirtschaft im Rückzug befindet infolge von Globalisierung, Preisdruck und Agrarstrukturwandel, die jedoch mehr oder weniger offen gehalten werden sollten, sei es aus naturschützerischen oder touristischen Gründen. Hier könnte auch der Allmende-Gedanken in der Form wiederaufgegriffen werden, dass private Flächen mit Dienstbarkeiten belegt werden, die es beispielweise einer Gemeinde ermöglichen, Weidekonzepte umzusetzen.

*Ansatz: Auen (segregativ) und Mulden (integrativ) systematisch für die Wasserretention ertüchtigen;*

- damit auf den Klimawandel reagieren, Abflüsse abzupuffern; dabei wiederum Geometrien in den Auen auflösen, extensiv beweiden oder der natürlichen Bewaldung überlassen.

Und schließlich: Allen globalen Trends zum Trotz müssen wir auf regionaler und lokaler Ebene, also dort, wo Vertrautheit wirkt und empfunden wird, *Landschaft hier und dort bis ins Detail gestalten und die Eigenart von morgen und übermorgen schaffen*. Das bisher Gesagte hängt mit dem Folgenden eng zusammen. Doch geht es nun nicht mehr um die größeren Strukturen, sondern um die feinen Gesichtszüge der Landschaft, die ich eingangs erwähnt habe, Züge, die Geschichte sichtbar machen, die der Landschaft Geschichtlichkeit geben.

- Das sind beispielsweise dezentrale Materialentnahmestellen, Gruben, Brüche usw., in denen der Unterbau für Wege oder Werksteine für Restaurierungsarbeiten gewonnen werden können: Kratzspuren, die immer mal wieder nach Bedarf aufgemacht werden können, um anschließend wieder der Natur überlassen zu werden (Abb. 8). Ungesteuerte Prozesse führen dort zu überraschenden Effekten hinsichtlich der Lebensgemeinschaften und des Landschaftsbildes.<sup>28</sup> Solche kleinräumigen Hin-und-wieder- und Hier-und-dort-Nutzungen fehlen weit gehend in unseren heutigen Landschaften.<sup>29</sup>

---

<sup>27</sup> z. B. Redecker et al. (2002).

<sup>28</sup> Seiffert et al. (1995).

<sup>29</sup> Konold et al. (1996).



Abbildung 7  
Bei dem Einsatz von großen Säugern zur Offenhaltung der Landschaft können auch ungewohnte Wege beschränkt werden: Lamas auf den Allmendweiden des Südschwarzwaldes (Foto: W. Konold).



Abbildung 8  
Sandgrube an einem Wegrand im Südschwarzwald. Hier sollte nach Bedarf immer wieder genutzt werden (Foto: W. Konold).



- Das sind Erd- und Steinhaufen, Steinriegel.
- Das ist die kleine Wildnis auf einer Kuppe (trocken), in einer Senke (feucht, Abb. 9), am rieselfeuchten Hang.
- In die landschaftliche Gestaltung einzubeziehen sind die zahlreichen neuen Elemente, die noch keinen anerkannten kulturlandschaftlichen Status erreicht haben; Elemente, die jedoch mit dem Blick aus der Zukunft auf das Heute als typische Erscheinungsformen unserer Zeit angesprochen sein werden: Das sind Energieleitungstrassen, Versickerungsmulden, Einschnitte und Böschungen von Straßen und Bahntrassen, Deiche, Deponien, Sedimentationsbecken und Halden. – Wir sehen allerdings: Etwas Großartiges, Kunstvolles hat unsere Zeit wohl nicht hervorgebracht, es sei denn, man rechnete die Landschaften vom Typ des Kaiserstuhls dazu.

Werfen wir nun noch den Blick auf die bewusste, auch artifizielle Gestaltung der Landschaft. Den Hintergrund und den Rahmen kann man mit ein paar Begriffen andeuten (s. o.):

- Sichtbeziehungen herstellen.
- Für Überraschungen sorgen.
- Immer wieder Motive aufgreifen, damit Wiedererkennungswert schaffen.
- Unbeschreibliche Assoziationen hervorrufen.
- Markieren, überhöhen.
- Vielleicht sogar den *Genius loci* herausfordern.

Das heißt beispielsweise:

- Die Wege landschaftlich angepasst und reizvoll führen, die Wegehierarchie sichtbar und spürbar werden lassen (Abb. 10).
- Mit Bäumen in Gruppen, Reihen und als Solitären arbeiten.

Es sollten dabei nicht nur die „Klassiker“ Eiche, Linde oder Esche eingesetzt werden, sondern auch Arten, die es in den letzten Jahren als sogenannte Exoten schwer hatten, die jedoch manches ältere, vertraute Landschaftsbild nachhaltig geprägt haben, etwa

- die *Schwarzkiefer* als Gruppe oder Solitär auf einer Kuppe oder am schwach geneigten Südhang,
- die *Pyramidenpappel* (= Italienische Pappel), die als Solitär oder aber in strenger Reihe in der Ebene, im Hügelland, an Hangfüßen mit ihrer zypressenartigen Gestalt Geometrien schafft und unterstreicht und dabei zu einem hohen Wiedererkennungswert beiträgt.
- Die *Trauerweide* in Siedlungs- und in Wassernähe
- Die *Robinie* und andere mehr ...

Man könnte sich hier im Detail verlieren. Es würde sich lohnen, dies zu tun.



Abbildung 9  
Feuchtflächen in Senken, hier in einem Soll in einem Acker im Jungmoränenhügelland Mecklenburg-Vorpommerns, sollten einen Puffer erhalten und sich selbst überlassen werden (Foto: W. Konold).



Abbildung 10  
Die Führung und Gestaltung von Wegen ist für die Ausprägung der Eigenart einer Landschaft von eminenter Bedeutung (Foto: W. Konold).

## Fazit

Mein Fazit sei in wenigen, einfachen Worten zusammengefasst. Vonnöten ist,

- sich auf Neues einstellen, dabei Altes, ja Archaisches einbeziehen und Kontinuität wahren bzw. schaffen;
- neue Funktionen für Vertrautes suchen;
- sich dem Klimawandel in aller Konsequenz stellen;
- viel mehr Mut zur stilvollen Gestaltung zeigen.

Damit sich lokal und regional eine je eigene Dynamik, eine Vielfalt von Lösungen entfalten kann, benötigen wir mehr Gestaltungsspielraum, die uns die Politik liefern muss. Dann werden sich die Anspruchsgruppen wiederfinden; für den Naturschutz springt allemal was heraus.

## Literatur

- Arge Future Landscapes (2005): Future Landscapes. Perspektiven der Kulturlandschaft, hrsg. vom BMVBW und BBR, Bonn, Berlin.
- Bauerkämper, A. (2003): Traditionalität in der Moderne. Agrarwirtschaft und ländliche Gesellschaft in Mecklenburg nach 1945. In: Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie 51 (2), S. 9–33
- Bronstert, A., Vollmer, S. & J. Ihringer (1995): Die Bedeutung von Flurbereinigungsmaßnahmen für das Abflussverhalten von Starkniederschlägen in ländlichen Gebieten. In: Wasser & Boden 47 (9), S. 29–46.
- Ditz, H. (1865): Geschichte der Vereinödung im Hochstift Kempten, Kempten.
- Dorn, H. (1904): Die Vereinödung in Oberschwaben, Kempten, München.
- Eberle, I. & A. Reichert (Hg.) (2006): Der Westwall. Erhaltung, gesellschaftliche Akzeptanz und touristische Nutzung eines schweren Erbes für die Zukunft. Beiträge zur Angewandten Festungsforschung, Bd. 1, Trier.
- Fuchs, G. (1977): Naturschutz und Landschaftspflege im Kaiserstuhl. In: Wilmanns, O., Wimmenauer, W. & G. Fuchs (Hg.), Der Kaiserstuhl. Gesteine und Pflanzenwelt. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs 8, Karlsruhe, S. 216–227.
- Gudermann, R., (2000): Morastwelt und Paradies. Ökonomie und Ökologie in der Landwirtschaft am Beispiel der Meliorationen in Westfalen und Brandenburg (1830–1880). Forschungen zur Regionalgeschichte, Bd. 35, Paderborn.
- Haber, W. (2000): Die Kultur der Landschaft. Von der Ästhetik zur Nachhaltigkeit. In: Appel, S., Duman, E., Kohorst, F. & F. Schafranski (Hg.), Wege zu einer neuen Planungs- und Landschaftskultur, Kaiserslautern, S. 1–19.

- Hellbrück, J. (1999): *Umweltpsychologie*, Göttingen.
- Kaup, M. (1996): Die Urbarmachung des Oderbruchs. *Umwelthistorische Annäherung an ein bekanntes Thema. Cottbuser Studien zur Geschichte von Technik, Arbeit und Umwelt* 1, S. 111–133.
- Kobel-Lamparski, A. & F. Lamparski (1994): Sukzessionsuntersuchungen im Reb Gelände des Kaiserstuhls. In: *Veröff. PAÖ* 8, S. 197–211.
- Konold, W. (2005a): Nutzungsgeschichte und Identifikation mit der Kulturlandschaft. In: Hampicke, U., Litterski, B. & W. Wichtmann (Hg.), *Ackerlandschaften. Nachhaltigkeit und Naturschutz auf ertragsschwachen Standorten*, Heidelberg, S. 7–16.
- Konold, W. (2005b): Stein und Wasser im Bild der Heimat. *Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege* 77, S. 33–37.
- Konold, W. (2005c): Schönheit und Eigenart der Weinbaulandschaft. In: *Fachtagung Wein & Landschaft*, hrsg. vom Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinland-Pfalz, Institut für regionale Umweltforschung und Umweltbildung an der Universität in Landau, Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, S. 43–53.
- Konold, W. (2007): Allmenden in Baden-Württemberg zwischen Veränderungsdruck und Gemeinschaftssinn. *Berichte zur deutschen Landeskunde* (im Druck).
- Konold, W., Schweineköper, K. & P. Seiffert (1996): Zukünftige Kulturlandschaft aus der Tradition heraus. In: Konold, W. (Hg.), *Naturlandschaft – Kulturlandschaft*, Landsberg, S. 289–312.
- Krause, K.-J. (1999): Sicherung und Pflege des Genius loci. In: Thabe, S. (Hg.), *Räume der Identität – Identität der Räume. Dortmunder Beiträge zur Raumplanung* 98, S. 38–58.
- Lochbrunner, W. (1984): 1550–1880. Ländliche Neuordnung durch Vereinödung. *Berichte aus der Flurbereinigung* 51, München.
- Mannsfeld, K. (1981): Landeskulturelle Auswirkungen moderner Agrarproduktion an Beispielen aus dem Westlausitzer Hügelland. In: *Wiss. Abh. Geogr. Ges. der DDR* 15, S. 173–191.
- Marquardt, G. (1950): Die Schleswig-Holsteinische Knicklandschaft. *Schriften des Geographischen Instituts der Universität Kiel* XIII/3.
- Mayer, P. (1997): 50 Jahre Rebflurneuordnung am Kaiserstuhl. *Schriftenreihe des Landesamtes für Flurneuordnung und Landentwicklung Baden-Württemberg* 8, Stuttgart.
- Oswalt, V. (2000): Staat und ländliche Lebenswelt in Oberschwaben 1810–1871. *Schriften zur südwestdeutschen Landeskunde* 29, Leinfelden-Echterdingen.
- Philipp, H.-J. (1997): Abfolge und Bewertung von Agrarlandschaftswandlungen in Ostdeutschland seit 1945. In: *Berichte über Landwirtschaft* 75, S. 89–122
- Prütz, N. (2006): Die Veränderung der Kulturlandschaft in der SBZ/DDR am Beispiel der Gemeinde Blankenhain. *Blankenhainer Berichte* 16.
- Redecker, B., Finck, P., Härdtle, W., Riecken, U. & E. Schröder (Hg.) (2002): *Pasture Landscapes and Nature Conservation*, Berlin, Heidelberg.

- Rudorff, E. (1880): Über das Verhältniß des modernen Lebens zur Natur. In: Preußische Jahrbücher 45(3), S. 261–276. Nachdruck in *Natur und Landschaft* 65 (1990), 3, S. 68–71.
- Schröder, H. (1988): Zur Bedeutung der Wallhecken in einem Agrarökosystem Schleswig-Holsteins. I. Besiedlung der Wallhecken durch Vögel. In: *Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung* 29, S. 294–299.
- Schübel K. & W. Konold (1997): Geschichte und Vegetation von ehemaligen, aufgeteilten Allmendflächen in Gutenberg, Kreis Esslingen. In: *Ber. Inst. Landschafts-Pflanzenökologie, Univ. Hohenheim* 6, S. 121–136.
- Schumacher, K. P. (2006): Landschaftswandel im Kaiserstuhl seit 1770 – Analyse und Bilanzierung. *Culterra, Schriftenreihe des Instituts für Landespflege der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* 47, Freiburg i. Br.
- Seiffert, P., Schweineköper, K. & W. Konold (1995): Analyse und Entwicklung von Kulturlandschaften. Das Beispiel Westallgäuer Hügelland, Landsberg.
- Sick, W. D. (1982): Wandel des Grundbesitzes durch Vereinödung in Diepoldshofen. In: *Historischer Atlas von Baden-Württemberg*, 9. Lieferung, Erläuterungen, Beiwort zu Karte IV, 15, Stuttgart.
- Spiecker, H., Brix, M., Unseld, R., Konold, W., Reeg, T. & A. Möndel (2006): Neue Trends in der Wertholzproduktion. In: *AFZ – Der Wald* 19, S. 1030–1033.
- Spiegel, E. (1987): Identität und Identifikation. In: *Staatsministerium Baden-Württemberg (Hg.), Stadt, Kultur, Natur. Chancen zukünftiger Lebensgestaltung*, Stuttgart, S. 166–170.
- Thierer, M. (2006): Natur- und Kulturerbe württembergisches Allgäu. Ergebnisse einer Bestandsaufnahme der Natur- und Kulturlandschaft, hrsg. von der Arbeitsgemeinschaft Heimatpflege im württembergischen Allgäu e. V., Leutkirch.
- Valena, T. (2005): Der gebaute Ort in Zeiten seiner virtuellen Infragestellung. In: *Biosphärenreservat Flusslandschaft Mittlere Elbe, Kulturstiftung Dessau Wörlitz, Stiftung Bauhaus Dessau, Stiftung Luthergedenkstätten in Sachsen-Anhalt (Hg.), Genius loci*, Dessau, S. 53–68.
- Volk, O. (1993): Weinbau und Weinabsatz im späten Mittelalter. Forschungsstand und Forschungsprobleme. In: *Gerlach, A. (Hg.), Weinbau, Weinhandel und Weinkultur*, 6. Alzeyer Kolloquium (= *Geschichtliche Landeskunde* Bd. 6), Stuttgart, S. 49–163.

# Innovative Landnutzungssysteme zur Bereitstellung von Bioenergie und Biomaterialien

## Einführung

Nachwachsende Rohstoffe, die eine Energie- und Rohstoffversorgung aus rezenten biogenen Substanzen ermöglichen, erleben in jüngster Zeit einen starken Bedeutungszuwachs. Von vielen Seiten wird gehofft, dass mit ihrer Hilfe der Einstieg in ein „post-fossiles Zeitalter“ der Energie- und Rohstoffversorgung gelingt und so die Probleme der Nutzung fossiler Ressourcen – auf der einen Seite deren Endlichkeit, auf der anderen Seite der mit ihnen verbundene CO<sub>2</sub>-Ausstoß – gelöst werden können (Shinnar & Citro 2006).

Der Begriff „Nachwachsende Rohstoffe (Nawaros)“ ist irreführend – schließlich sind alle Erzeugnisse der Land- und Forstwirtschaft „nachwachsend“. Er hat sich jedoch durchgesetzt für diejenigen Agrar- und Forstprodukte, die nicht als Nahrungs- und Futtermittel verwendet werden, also für Rohstoffe zur Produktion von Biomaterialien („stoffliche Verwertung“) und zur Bereitstellung von Bioenergie („energetische Verwertung“). Häufig nennt man diese Rohstoffe auch – gleichfalls wenig konsistent – „Biomasse“. Der größte Teil der angebauten Biomasse wird derzeit zur Bereitstellung von Strom und Wärme und zur Verarbeitung zu Treibstoffen genutzt. Daneben dient sie aber auch als Grundstoff für Produkte wie Farbstoffe, Fasern, Heil- und Aromastoffe, Öle und Fette, Stärke, Zuckerstoffe und Proteine. Auch so gut wie alle Erzeugnisse der Forstwirtschaft fallen unter die Definition von „nachwachsenden Rohstoffen“. Ein Beispiel hierfür ist die Verwendung von Lignin, das biochemisch in Cellulose gewandelt und zur Herstellung von Zuckern genutzt wird. Diese wiederum können zu einer Vielzahl von Substanzen wie Milchsäure, Ethanol, Itakonsäure oder Bernsteinsäure weiterverarbeitet werden.

Da der Schwerpunkt dieses Beitrags auf Aspekten der Landnutzung liegt, ist eine Unterscheidung der nachwachsenden Rohstoffe nach dem Flächentyp, dem sie entstammen, von Interesse (Tab. 1). Hierbei sind Ackerflächen, Wälder, Grünland, Landschaftspflegeflächen sowie Energiewälder, die einen Übergangszustand zwischen Acker und Wald darstellen, bedeutend. Nachwachsende Rohstoffe werden entweder

Flächentyp	Biomasse-Option	Beispiele
Acker	Einjährige Energiepflanzen	Getreideganzpflanzen Raps
	Mehrjährige Energiepflanzen Reststoffe	Miscanthus Reststroh
Energiewald	Mehrjährige Energiepflanzen	Weide (Kurzumtrieb) Pappel (Kurzumtrieb)
Wald	Stammholz	Mittel- und Niederwaldnutzung
	Reststoffe	Durchforstungsholz Restholz aus der Holzernte
Grünland	Grünschnitt	Diverse Süßgras- und Seggenarten
Landschafts- pflegeflächen	Landschaftspflegegut	Schnittgut aus Hecken und Gebü- schen
		Einheimische Gräser

Tabelle 1  
Flächentypen und Optionen der Biomassebereitstellung (verändert nach DLR et al. 2004)

gezielt angebaut oder als Reststoffe aus Anbauverfahren, die andere Hauptprodukte zum Ziel haben, genutzt. Die sogenannte Anbaubiomasse besteht aus halmgutartigen Pflanzen (z. B. Getreideganzpflanzen), holzartigen Pflanzen (z. B. Weiden oder Pappeln in Kurzumtriebplantagen) sowie Öl- und Stärkepflanzen (z. B. Raps). Reststoffe sind z. B. Durchforstungsholz aus der Forstwirtschaft oder Stroh aus der Landwirtschaft.

Die Vielfalt der energetischen Wandlungs- und Nutzungspfade von Biomasse ist groß, da vielfältige Biomassearten auf unterschiedlichen Konversionswegen zu verschiedenen Energieformen gewandelt werden. Die dabei eingesetzten Technologien wie auch die verwendeten Biomassearten entwickeln sich laufend fort. Zurzeit werden ganz überwiegend vier Nutzungswege verfolgt (Hebecker et al. 2006):

1. Die Vergärung von Biomasse zu Biogas, aus dem Strom und Wärme gewonnen wird.
2. Die Verbrennung oder Vergasung von Biomasse-Festbrennstoffen und deren Nutzung als Strom oder Wärme in kleinen und großen Anlagen.
3. Die Vergärung von zucker- oder stärkehaltigen Substanzen zu Bioethanol, der überwiegend als Beimischung zu Benzin in Ottomotoren Verwendung findet.
4. Die Veresterung von Pflanzenölen, v. a. Rapsöl, zu Biodiesel, der in Reinform oder als Beimischung zum Antrieb von Dieselmotoren dient. Mit einem Anteil von ca. 70 % an der Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe ist Raps die derzeit dominierende Nawaro-Kultur.

Die Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe weist von den 1990er Jahren bis heute ein starkes Wachstum auf. Mit einem Rekordniveau von ca. 1.561.000 ha nahmen Nawaros 2006 13,2 % der gesamten agrarischen Anbaufläche ein (Tab. 2) – dies ist

Rohstoffe	Basisfläche <sup>1</sup> ohne Energie- pflanzenprämie	Basisfläche mit Energie- pflanzenprämie <sup>2</sup>	Stilllegungs- fläche <sup>3</sup>	Gesamt
Ölpflanzen				
Raps	610.000 ha	172.000 ha	318.000 ha	1.100.000 ha
Öllein	3.000 ha			3.000 ha
Sonnenblumen	4.000 ha		1.000 ha	5.000 ha
Energiepflanzen	30.000 ha	188.000 ha	77.000 ha	295.000 ha
Stärke	128.000 ha			128.000 ha
Zucker	18.000 ha			18.000 ha
Naturfasern	2.000 ha			2.000 ha
Arznei- und Ge- würzpflanzen	10.000 ha			10.000 ha
Summe	805.000 ha	360.000 ha	396.000 ha	1.561.000 ha

<sup>1</sup> Basisflächen sind reguläre Ackerflächen.

<sup>2</sup> Die Energiepflanzenprämie wird für den Anbau von Energiepflanzen auf nicht stillgelegten Äckern gewährt.

<sup>3</sup> Stilllegungsflächen dürfen aus förderrechtlichen Gründen nicht für den Anbau von Nahrungs- oder Futtermitteln, jedoch für den Anbau von Energiepflanzen genutzt werden.

Tabelle 2

Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe im Jahr 2006 in Deutschland (Quelle: FNR 2007, Daten beruhen teilweise auf Schätzung)

eine Größenordnung, die Landwirtschaft und Agrarlandschaft bereits heute bedeutend beeinflusst. Der Großteil der Nawaros wurde auf regulären Ackerflächen (sog. „Basisflächen“) angebaut. Bedeutsam ist zudem der Anbau auf sogenannten „Stilllegungsflächen“, die aus förderrechtlichen Gründen nicht für den Anbau von Nahrungs- oder Futtermitteln genutzt werden dürfen. Die Verwendung von landwirtschaftlichen Reststoffen und die Forstwirtschaft, die seit jeher fast ausschließlich nachwachsende Rohstoffe zur stofflichen und energetischen Verwendung produziert, sind in dieser Aufstellung nicht enthalten.

Mit einem Anteil von 4,6 % an allen in Deutschland eingesetzten Energieträgern (2005) nehmen sich die erneuerbaren Energien bescheiden, doch nicht bedeutungslos aus. An der Stromerzeugung hielten sie im selben Jahr immerhin einen Anteil von 9,4 % (BMU 2006). Unter den erneuerbaren Energieträgern ist die Bioenergie (Biokraftstoffe, biogene Brennstoffe zur Strom- und Wärmebereitstellung) mit 68 % von überragender Bedeutung (Abb. 1).

Die Gründe für die rasche Ausbreitung des Biomasseanbaus in der Landwirtschaft sind vielfältig (Plieninger et al. 2006). Zum einen erfordert die seit langem anhaltende ökonomische Krise der Landwirtschaft eine Umorientierung auf neue Produktionszweige. Diese wird unterstützt durch für Landwirte attraktive Förderinstrumente der Agrar- und Umweltpolitik, etwa die Fördertarife des Erneuerbare-Energien-Gesetzes oder die Energiepflanzenprämie der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU.



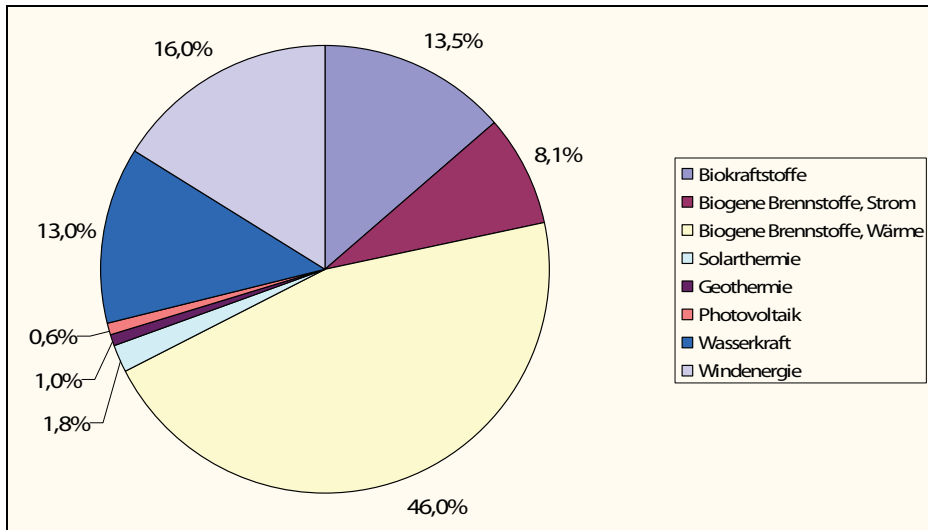


Abbildung 1  
Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energieträgern, Deutschland, 2005 (Quelle: BMU 2006)

Auch entspricht der Anbau nachwachsender Rohstoffe den kulturellen Mustern der Landwirte, die materielle Güter produzieren wollen, und ist vorwiegend mit der vorhandenen agrartechnischen Ausstattung realisierbar. Schließlich kommen psychologische Aspekte hinzu, wird doch den nicht gerade an Erfolgsmeldungen gewohnten Landwirten vielfach ein Dasein als „Ölscheich von morgen“ in Aussicht gestellt.

## Potentiale und Probleme der Nutzung nachwachsender Rohstoffe

Im allgemeinen werden vier Argumentationslinien verfolgt, die für die verstärkte Nutzung von Bioenergie sprechen (Faninger 2003; Sims 2003):

1. Bioenergeträger sind eine erneuerbare Energiequelle und können als solche in gewissem Maße endliche fossile Energieträger ersetzen (v. a. Erdölsubstitution).
2. Bei der Bereitstellung von Bioenergeträgern fallen im Vergleich zu fossilen Energieträgern erheblich geringere Emissionen von klimarelevanten Treibhausgasen an (Klimaschutz).
3. Bioenergeträger können im eigenen Land produziert oder aus einer Vielzahl von Ländern und Weltregionen bezogen werden und verringern so die einseitige Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen aus dem Nahen Osten und aus Russland (Versorgungssicherheit).

4. Die Nutzung von Bioenergie ist eine Zukunftsbranche, die weltweit im Wachstum befindlich ist. Die Entwicklung entsprechender Technologien sichert der deutschen Wirtschaft sog. „first mover-advantages“ und kann ihr Exportoptionen eröffnen (Technologieentwicklung).

Daneben werden häufig die Impulse hervorgehoben, die die Nutzung von Biomasse zur Entwicklung ländlicher Räume geben kann (Eisenbeiß et al. 2006): Die Wertschöpfung in ländlichen Räumen wird erhöht, indem Investitionen getätigt und Arbeitsplätze geschaffen oder zumindest stabilisiert werden. Falls die Biomasse für eine dezentrale Energieversorgung genutzt wird, werden die damit verbundenen regionalen Wirtschaftskreisläufe gefördert. Die konventionelle Landwirtschaft ändert sich hin zu einer Energielandwirtschaft, wodurch die landwirtschaftliche Produktion diversifiziert wird. Dadurch können marginale land- und forstwirtschaftliche Flächen sinnvoll genutzt werden, so etwa die Rekultivierungsstandorte nach der Gewinnung von Rohstoffen (Sand, Kies, Braunkohle, etc.). Schließlich kann die Biomasseproduktion unter günstigen Voraussetzungen zum Erhalt von Kulturlandschaft und Infrastruktur beitragen. Günstig ist auch, dass sie derzeit eine hohe gesellschaftliche Akzeptanz aufweist, nicht nur unter Landwirten. Dennoch ist eine umfassende Bilanz aller Vor- und Nachteile für ländliche Räume einzufordern, die bislang nicht vorliegt. So weisen Isermeyer & Zimmer (2006) darauf hin, dass Arbeitsplätze auf wesentlich effizientere Weise im Bereich der Entwicklung von Technologien (durch die Deutschland von dem zu erwartenden weltweiten Bioenergie-Boom profitieren könnte) als durch die direkte Förderung der heimischen Biomasseproduktion geschaffen werden können.

Die messbaren Wirkungen der Bioenergienutzung werden vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit in einer halbjährlich veröffentlichten Statistik erfasst. Demzufolge wurden im Jahr 2005 durch die Nutzung aller erneuerbaren Energieträger rund 84 Mio. t CO<sub>2</sub> vermieden – 10,7 % der deutschen CO<sub>2</sub>-Emissionen desselben Zeitraums. Bei Errichtung und Betrieb von Anlagen im Bioenergiebereich wurde ein Umsatz von 6,25 Mrd. € erzielt. Der Bruttobeschäftigungseffekt des Sektors wird für das Jahr 2004 auf 57.000 Arbeitsplätze geschätzt (BMU 2006). Diese Vorzüge unterscheiden sich jedoch stark nach dem gewählten Nutzungspfad und sind insgesamt nicht unumstritten (vgl. Farrell et al. 2006; Hill et al. 2006). So weist etwa der Anbau von Raps zur Herstellung von Biodiesel eine geringe Energieeffizienz auf. Zudem werden aufgrund der notwendigen Gaben von Stickstoffdünger teils erhebliche Emissionen von Treibhausgasen wie Lachgas (N<sub>2</sub>O) freigesetzt. Auch sind die Kosten der durch Biodieselproduktion vermiedenen Treibhausgas-Emissionen außerordentlich hoch (Henke et al. 2005). Unumstritten ist jedoch, dass die Bioenergie, sofern sie intelligent genutzt wird, gegenüber allen anderen erneuerbaren Energieformen deutliche Vorteile aufweist. So ist Bioenergie spei-

cherfähig und kann kontinuierlich bereitgestellt werden. Auch weist sie unter den erneuerbaren Energieträgern die größten, bislang noch nicht erschlossenen Potentiale auf (DLR et al. 2004).

Dennoch zeichnet sich das Aufkommen von Nutzungskonkurrenzen als zentraler Konflikt der Bioenergienutzung im ländlichen Raum ab (Isermeyer & Zimmer 2006). Konkurrenzen können einerseits mit anderen Landnutzungen entstehen – insbesondere wenn gleichzeitig mit dem Ausbau der Biomassenutzung der Flächenbedarf der Nahrungsmittelproduktion zunimmt, etwa durch Ausweitung des Ökolandbaus. Biomasse-Heizwerke und -Heizkraftwerke stehen in Konkurrenz um heimisches Schwachholz mit der gerade im Land Brandenburg starken holzverarbeitenden Industrie. „Holz – vom Ladenhüter zur Mangelware“ beschreibt die Fachpresse diese Situation (Soppa 2006). Schließlich kann die gleichzeitige Ausweisung von Naturschutzflächen, etwa im Rahmen der Einrichtung des im Bundesnaturschutzgesetz vorgeschriebenen länderübergreifenden Biotopverbunds zu Konkurrenzsituationen um knappe Flächen führen. Andererseits deuten sich aber auch Konkurrenzen zwischen verschiedenen Biomasse-Nutzungspfaden an, z. B. zwischen zentralen und dezentralen Anlagen. Ähnliche Konkurrenzen können zwischen der Treibstoff- und der Strom-/Wärmenutzung auftreten.

Ein Fallbeispiel verdeutlicht die Nachhaltigkeits- und Verfügbarkeitsprobleme von Biomasse: Im brandenburgischen Schwedt ist seit 2006 eine Bioethanolanlage in Betrieb, die einen Jahresbedarf von 600.000 t Roggen aufweist. Die Roggenerträge im Land Brandenburg sind stark schwankend, lagen im Jahr 2003 aber laut Brandenburger Agrarbericht bei nur 504.199 t. Dies bedeutet, dass die Roggenanbaufläche eines ganzen Bundeslandes für den Rohstoffbedarf nur einer einzigen Anlage benötigt werden kann. So könnte das Roggenanbau-Einzugsgebiet der Anlage von Rügen bis weit nach Südbrandenburg reichen (Brozio et al. 2006)). Berücksichtigt man den Transportaufwand, erscheint diese Art der Bioenergienutzung unter energetischen Gesichtspunkten fragwürdig. Da viele der derzeit errichteten Biokraftstoffanlagen verkehrstechnisch gut angebunden sind, etwa an Hafenanlagen, ist bei einer Verschärfung der Konkurrenzsituation um heimisch produzierte Biomasse künftig mit verstärkten Rohstoffimporten zu rechnen, was Transportdistanzen und -aufwand weiter vergrößert. Wenn man eine extreme Ausweitung des Biomasseanbaus auf 5,9 Mio. ha (50 % der deutschen Ackerfläche) annimmt, ließen sich damit bei gegenwärtig realisierbaren Energieerträgen ( $2.230 \text{ W ha}^{-1}$ ) knapp 5 % (ca. 13.000 MW) des jährlichen Endenergiebedarfs in Deutschland decken. Mit optimierten Verfahren käme man maximal auf 13 % des Endenergiebedarfs (Isermeyer & Zimmer 2006). Potentiale für Bioenergie aus nachwachsenden Rohstoffen sind zweifelsohne vorhanden, dürfen aber keinesfalls überschätzt werden.

Die derzeitigen Formen des Energiepflanzenanbaus orientieren sich weitgehend an den Anbauverfahren der intensiven Nahrungs- und Futtermittelproduktion, etwa dem Anbau von Raps in Reinkultur, der sehr düngemittelintensiv ist. Daraus ergeben sich Ineffizienzen und vielfältige ökologische Probleme, auch wenn diese schwer prognostizierbar sind (vgl. Deutscher Rat für Landespflege 2006). Zu diesen negativen Auswirkungen gehören unter anderem Bodenverdichtung, Bodenerosion, Humuszehrung, Eutrophierung von Böden, Auswaschung von Nährstoffen sowie der Verlust von vielfältigen Lebensräumen und von Artenvielfalt. Nachteilig sind insbesondere verengte Fruchtfolgen und eine durch starke Ausweitung des Mais- und Rapsanbaus verringerte Kulturartenvielfalt (Rode et al. 2005). Daher bedarf es neuer, spezifisch für den Anbau von Energiepflanzen geschaffener Anbausysteme, die die Erkenntnisse der Ökosystemforschung berücksichtigen sollten. Eine Anforderung an solche neuen Anbausysteme ist, dass sie gleichzeitig eine möglichst hohe Flächenproduktivität, aber auch eine räumlich differenzierte Nutzungsweise, eine hohe Artenvielfalt und eine positive Wirkung auf die Kohlenstoffspeicherung im Boden aufweisen sollen. Dies kann über abwechslungsreichere Fruchtfolgen, verringerten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Mineraldünger, die Verwendung eines breiteren Spektrums von Arten und Sorten, die Anlage von Mischkulturen und die Integration von die Landschaftsstruktur bereichernden Elementen erfolgen (Bundesamt für Naturschutz 2006). Grundsätzlich ist die Option „Minimierung des Stoffeinsatzes“ („*low input–low output*-Systeme“) der Option „Maximierung der Erträge“ vorzuziehen. Nötig hierfür sind speziell auf die Biomasseproduktion ausgerichtete Standards für eine gute fachliche Praxis. Diese könnte etwa die Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes, eine mindestens dreigliedrige Fruchtfolge, einen weitgehenden Verzicht auf Humuszehrer sowie die Definition von Mindestanteilen an Landschaftsstrukturelementen umfassen.

### ***Alley Cropping* als neuartiges Anbausystem**

Die genannten Überlegungen sollen am Beispiel eines neuartigen Agroforstwirtschaftssystems (Grünwald et al. 2007a) verdeutlicht werden. Agroforstwirtschaft ist ein Sammelbegriff für alle Landnutzungsweisen, in denen mehrjährige Gehölzpflanzen zusammen mit landwirtschaftlichen Ernten oder Vieh auf derselben Fläche genutzt werden (Young 1998). In Europa haben Kombinationen von Forstwirtschaft, Viehwirtschaft und ackerbaulicher Nutzung eine lange Tradition (Gordon et al. 1997). Jedoch sind diese bis heute stark zurückgegangen, da man lange Zeit eine strikte räumliche und betriebliche Trennung von Land- und Forstwirtschaft verfolgte und beide Nutzungen auf derselben Fläche für unvereinbar hielt. Aufgrund ihrer vielfältigen positiven Umweltwirkungen und ihrer hohen Produktivität stoßen sie aber in jüngster Zeit auf große Aufmerksamkeit.

In einem mehrjährigen, von der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus durchgeführten Feldversuch wurde Mitte der 1990er Jahre im Tagebau Jänschwalde auf einer Fläche von 7 ha ein Agroforstwirtschaftssystem eingerichtet, das speziell an die Verhältnisse der Bergbaufolgelandschaften Südbrandenburgs angepasst ist (Bens & Hüttl 2001; Bens et al. 2006; Bungart et al. 2000; Grünwald et al. 2007a; Schneider et al. 2004). Dieses sog. *Alley Cropping*-System setzt sich zusammen aus mehreren Streifen von Feldgehölzen und breiten, ackerbaulich genutzten „Alleen“ (Abb. 2). Die Gehölze bestehen aus ein oder zwei Baumreihen mit einer Breite von ca. 2 bis 6 m. Die Ackerschläge sind mit 18 m relativ breit, um die Feldbearbeitung möglichst effektiv mit praxisüblicher Landtechnik zu gestalten. Auf den Feldstreifen werden einmal oder mehrmals jährlich landwirtschaftliche Produkte entsprechend den jeweiligen Erfordernissen des Marktes angebaut (z. B. Roggen, Lupine, Hanf und Luzerne). Die Baumstreifen dienen hingegen zur Produktion von Holz für die energetische Verwertung mit Erntezyklen zwischen drei und neun Jahren. Gepflanzt wurden verschiedene Sorten Pappeln, Weiden und Robinien (Tab. 3). Ziel dieses und weiterer begleitender Forschungsvorhaben war, das Anbausystem gleichermaßen an die vorherrschenden abiotischen und biotischen Standortfaktoren wie an die technologischen Ansprüche der energetischen Wandlung anzupassen. Hierzu wurden Parameter wie Wuchsverhalten, Ertragsbildung und Einfluss von Pflege- und Intensivierungsmaßnahmen untersucht. Auch Aspekte der Ernte und Aufbereitung der Brennstoffe flossen in die Studie mit ein.



Abbildung 2  
*Alley Cropping*-Versuchsfläche im südbrandenburgischen Tagebau Jänschwalde (Foto: Vattenfall Europe)

Baumart bzw. Klon	Botanische Bezeichnung
Balsampappel-Hybride Androscoggin	<i>Populus maximowiczi</i> Henry × <i>Populus trichocarpa</i> Torr. et Gray
Balsampappel-Hybride 275	<i>Populus maximowiczi</i> Henry × <i>Populus trichocarpa</i> Torr. et Gray
Korbweide Carmen	<i>Salix viminalis</i> L.
Robinie	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.

Tabelle 3  
Pflanzmaterial der Gehölzstreifen

Klon / Umtriebszeit	1998	2001	2004
Androscoggin (3; 6; 9)	0,2	2,0	4,9
Androscoggin (6; 9)		1,2	3,0
Androscoggin (9)			4,5
Hybride 275 (3; 6; 9)	0,2	1,7	4,1
Hybride 275 (6; 9)		1,5	5,7
Hybride 275 (9)			3,7
Robinie (3; 6; 9)	3,5	5,7	9,5
Robinie (6; 9)		4,6	9,1
Robinie (9)			8,9
Weide (3; 6; 9)	0,6	0,7	1,5
Weide (6; 9)		0,8	4,7
Weide (9)			0,7

Tabelle 4  
Jährliche Produktivität ( $t\ ha^{-1}\ a^{-1}$ ) für verschiedene Baumarten bzw. -klone und Umtriebszeiten (Quelle: Grünewald et al. 2007b)

Die ertragskundlichen Untersuchungen ergaben, dass auf Neulandstandorten mit anfänglich geringer Wasserkapazität und Nährstoffversorgung bei Umtriebszeiten zwischen drei und neun Jahren durchschnittliche Holzzuwächse von bis zu 9 t Trockenmasse ( $atro$ )  $ha^{-1}\ a^{-1}$  zu erwarten sind (Tab. 4). Diese Erträge reichen an die Masseleistungen von Kurzumtriebsplantagen heran. Die mit Abstand höchsten Erträge lieferte auf den sandigen Standorten die Baumart Robinie, die sich auf den neu angelegten Standorten rasch etablierte. Die Untersuchung der Interaktionen zwischen Gehölzstreifen und Feldkulturen zeigte, dass der Ertrag der Feldkulturen nicht oder nur unwesentlich durch die Randeffekte der Gehölzstreifen gemindert wurde. So betrug etwa der kumulierte Luzerneertrag abseits der Gehölzstreifen 27,4 t Trockenmasse  $ha^{-1}\ a^{-1}$ , während er unter Einbeziehung der Randeffekte der Gehölzstreifen bei 26,7 t Trockenmasse  $ha^{-1}\ a^{-1}$  lag. Die Studien belegten zudem, dass die Neuanlage von *Alley Cropping*-Systemen auf Neulandstandorten Beiträge zur  $CO_2$ -Speicherung (Sequestrierung) im Boden leisten kann. So ergab sich über den untersuchten Zeitraum von acht Jahren eine deutliche Steigerung der organischen Kohlenstoff-Gehalte im Rohboden, von 0,45 % auf bis zu 1,55 % (Tab. 5). Im Rahmen einer faunistischen

Tiefe (cm)	1997	2005 Baumstrei- fen	2005 Baumstrei- fen/ Feld	2005 Feld
0-10		1,55 ± 0,64	1,13 ± 0,25	1,04 ± 0,24
10-30	0,45 ± 0,26	0,85 ± 0,28	1,03 ± 0,34	0,99 ± 0,28

Tabelle 5

Anreicherung von organischem Kohlenstoff im Rohboden (Gehalt in %, ± Standardabweichung) einer Alley-Cropping-Versuchsfläche (n=17) (Quelle: Grünewald et al. 2007b; Hüttl et al. 2007)

Untersuchung wurde zudem eine überraschend hohe Vielfalt an Spinnen, Heuschrecken und Laufkäfern, insbesondere für die Gehölzstreifen, belegt. Dabei wurde u. a. auch die Laufkäferart *Agonum gracilipes* nachgewiesen, die nach der Roten Liste des Landes Brandenburg als „vom Aussterben bedroht“ gilt.

Die Interpretation der langjährig erhobenen Daten zeigt, dass *Alley cropping*-Systeme gerade auf Standorten mit geringem Ertragspotential eine hohe Produktivität und vielfältige Wohlfahrtsleistungen erzielen können. Die hohen Erträge sind u. a. dadurch bedingt, dass die standörtlichen Potentiale aufgrund der unterschiedlich tief reichenden Wurzelsysteme von Bäumen und landwirtschaftlichen Kulturen optimal genutzt werden können. Die ökologischen Vorteilswirkungen kommen durch die Diversität von Agroforstsystemen zustande, die auf zweifache Weise hoch ist: Zum einen ist die Vielfalt der Anbaukulturen größer als im konventionellen Landbau. Zum anderen findet sich in diesen aufgrund der strukturellen Vielfalt auch eine reiche Vielfalt wildlebender Tier- und Pflanzenarten. So werden in *Alley cropping*-Systemen Prädatorenarten, die die Kulturpflanzen vor Krankheiten und Schädlingen schützen, und pflanzenbestäubende Insektenarten gefördert. Dadurch sind die Aufwendungen für Pflanzenschutz und Düngung erheblich reduziert, während die Ertragssicherheit erhöht wird. Auch können die linienförmigen Strukturen den genetischen Austausch bzw. Wanderungen von wildlebenden Tierarten unterstützen und der Fragmentierung von Landschaften entgegenwirken. Schließlich wird die Bodenerosion gemindert, die Kohlenstoffsequestrierung gefördert sowie der Bodenwasserhaushalt positiv beeinflusst.

## Praxisbeispiel:

### Versorgung der Heizkraftwerks Sellessen/Südbrandenburg

Wie solche Feldgehölzkulturen in der Praxis zur Energiebereitstellung genutzt werden können, soll zukünftig am Beispiel der Versorgung des Heizkraftwerks Sellessen in Südbrandenburg demonstriert werden (Dähnert & Wüstenhagen 2006). Das Heizkraftwerk wurde im Jahr 2005 durch das Unternehmen Vattenfall Europe im Rahmen seiner Verpflichtungen durch die Umsiedlung des Ortes Sellessen errichtet (Abb. 3).



Abbildung 3  
Biomasse-Heizkraftwerk Sellessen (Foto: Vattenfall Europe)

Während der erzeugte Strom zu den Konditionen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes in das Stromnetz des lokalen Netzbetreibers, der Stadtwerke Spremberg, fließt, sollen mit der anfallenden Wärme die Bewohner, öffentliche Gebäude sowie das angesiedelte Gewerbe im umgesiedelten Neu-Sellessen versorgt werden. Hierzu wurde ein Nahwärmenetz mit einer Länge von rund 6.500 m aufgebaut. Bis 2006 wurden damit 110 Einfamilienhäuser, 180 Mietwohnungen sowie 5 öffentliche Gebäude versorgt. Das Werk hat eine Kapazität von ca.  $2,5 \text{ MW}_{\text{el}}$  Strom sowie  $3,5 \text{ MW}_{\text{th}}$  Wärme. Der zum Betrieb des Heizkraftwerks erforderliche Brennstoffbedarf ist mit jährlich ca. 26.000 t erheblich. In Zukunft soll der Brennstoffbedarf aber auch aus *Alley Cropping*-Kulturen gedeckt werden, die im Tagebau Welzow-Süd etabliert werden. Die zur Versorgung des Kraftwerks benötigte Fläche hängt stark von der Ertragsleistung und von der Umtriebszeit ab. Würde man das Heizkraftwerk komplett aus Energiewäldern versorgen und einen hohen Ertrag von  $10 \text{ t Holz ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  kalkulieren, ergibt sich nur für den Bedarf dieses Heizkraftwerks ein notwendiges Flächenareal von 2.600 ha. Bei einem angenommenen Ertrag von  $5 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  beträgt die benötigte Fläche sogar 5.200 ha. Dies zeigt deutlich die Grenzen einer Energieversorgung aus Biomasse auf. Gleichzeitig ergibt sich daraus die Notwendigkeit zu optimierten Verfahren mit hohen Erträgen.



## Schlussfolgerungen

Welche Bedeutung wird die Nutzung von Bioenergie und Biomaterialien einnehmen? Nach Ansicht der Verfasser eine erhebliche, bietet doch gerade die Bioenergie neben der Windkraft (v. a. derjenigen aus off-shore-Anlagen) das größte Potential aller regenerativen Energieträger. Eine wesentliche Voraussetzung für deren wirtschaftliche Nutzung ist jedoch eine sichere und ökonomische Bereitstellung von Brennstoffen. Hierbei ist die Frage der konkurrierenden Flächeninanspruchnahme für Zwecke der Energieversorgung, der Nahrungsmittelerzeugung, des Naturschutzes und zur zukünftigen Versorgung von „Bioraffinerien“ noch weitgehend ungeklärt. Die Nutzung von Biomasse bietet besondere Chancen für die Entwicklung ländlicher Räume, auch wenn es übertrieben scheint, daraus eine neue „geopolitische Bedeutung“ (Schwägerl 2006) des ländlichen Raumes abzuleiten. Wichtig ist jedoch die Auswahl der optimalen, an die jeweiligen naturräumlichen Potentiale angepassten Nutzungspfade. Eine dezentrale Verwendung in lokalen Blockheizkraftwerken scheint derzeit der effizienteste Pfad zu sein.

Möglicherweise ergeben sich in Zukunft durch das Entstehen eines CO<sub>2</sub>-Zertifikatehandels noch weitergehende wirtschaftliche Perspektiven für Biomasse-Anbausysteme, die gleichzeitig als CO<sub>2</sub>-Senken agieren. Vor allem bietet sich der Anbau von Biomasse an, um die rekultivierten Folgelandschaften des Braunkohle-Bergbaus wirtschaftlich zu nutzen. Gleiches gilt für Grenzertragsstandorte, die keine intensive landwirtschaftliche Nutzung erlauben. Standortangepasste, differenzierte Anbausysteme wie verschiedene Varianten des *Alley cropping* erlauben gleichermaßen sehr hohe Biomasse-Zuwächse und zahlreiche ökologische Vorteilswirkungen. Es gilt jedoch zu beachten, dass die Nutzung von Biomasse nicht per se nachhaltig ist und auch die Potentiale der verfügbaren Biomasse ihre Grenzen haben. Daher sollte der Anbau von Biomasse zukünftig in der Landnutzung eine wichtige, aber nicht die einzige, womöglich auch nicht die bedeutendste Rolle spielen.

## Literatur

- Bens, O. & R. F. Hüttl (2001): Energetic utilisation of wood as biochemical energy carrier – a contribution to the utilisation of waste energy and land use. In: *International Journal of Thermal Sciences* 40, S. 344–351.
- Bens, O., Plieninger, T. & R. F. Hüttl (2006): Wiederherstellung gestörter Kulturlandschaften und Inwertsetzung durch nachwachsende Rohstoffe zur energetischen Verwertung. In: DRL (Hg.), *Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft* 79, S. 67–73.
- BMU (2006): *Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung*, Berlin.

- Brozio, S., Piorr, H.-P. & F. Torkler (2006): Modellierung landwirtschaftlicher Bioenergie, Tagungsband, 26. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft e.V. 6.–8. März 2006, Postdam, S. 45–48.
- Bundesamt für Naturschutz (2006): Energetische Biomassenutzung und Naturschutz, Vilm.
- Bungart, R., Bens, O. & R. F. Hüttl (2000): Production and bioenergy in post-mining landscapes in Lusatia. Perspectives and challenges for alternative landuse systems. In: *Ecological Engineering* 16, S. S5–S16.
- Dähnert, D. & D. Wüstenhagen (2006): Versorgung eines Biomasse-Heizkraftwerkes mit Holz. In: *AFZ/Der Wald* 61 (10), S. 548–549.
- Deutscher Rat für Landespflege (2006): Stellungnahme – Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft. In: *Schriftenreihe des Deutschen Rats für Landespflege* 79, S. 5–47.
- DLR, ifeu & Wuppertal Institut (2004): Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. FKZ 901 41 803, Berlin.
- Eisenbeiß, G., Holm-Müller, K. & G. Wagner (2006): Bioenergie: Zukunft für ländliche Räume. In: *Informationen zur Raumentwicklung* 1/2.2006, S. I–II.
- Faninger, G. (2003): Towards sustainable development in Austria: renewable energy contributions. In: *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 8, S. 177–188.
- Farrell, A., Plevin, R., Turner, B., Jones, A., O'Hare, M. & D. Kammen (2006): Ethanol can contribute to energy and environmental goals. In: *Science* 311, S. 506–508.
- FNR (2007): Nachwachsende Rohstoffe: Anbauflächen in Deutschland. <http://www.fnr.de/>, Gülzow.
- Gordon, A. M., Newman, S. M. & P. A. Williams (1997): Temperate agroforestry: an overview. In: Gordon, A. M. & S. M. Newman (Hg.), *Temperate Agroforestry Systems*, Wallingford, S. 1–8.
- Grünewald, H., Brandt, B., Schneider, B. U., Bens, O., Kendzia, G. & R. F. Hüttl (2007a): Agroforestry systems for the production of woody biomass for energy transformation purposes. In: *Ecological Engineering* 29, S. 319–328.
- Grünewald, H., Wöllecke, J., Schneider, B. U. & R. F. Hüttl (2007b): Erzeugung von Biomasse für die energetische Nutzung in Alley-Cropping-Systemen und Schnellwuchsplantagen und Untersuchung ökologischer Vorteilswirkungen dieser Landnutzungssysteme. In: Schneider, B. U. & R. F. Hüttl (Hg.), *Verfahren zur Optimierung von Rekultivierungsmaßnahmen*. Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese und Landschaftsentwicklung 6, Cottbus (im Druck).
- Hebecker, D., Purr, I. & K. Purr (2006): Konversions-, Speicher- und Versorgungstechnologien für die energetische Biomassenutzung. Materialien der IAG Zukunftsorientierte Nutzung ländlicher Räume der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften 8, Berlin.
- Henke, J., Klepper, G. & N. Schmitz (2005): Tax exemption for biofuels in Germany: Is bio-ethanol really an option for climate policy? In: *Energy* 30, S. 2617–2635.

- Hill, J., Nelson, E., Tilman, D., Polasky S. & D. Tiffany (2006): Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. In: PNAS 103, S. 11206–11210.
- Hüttl, R. F., Schneider, U., Freese, D., Bannick, C. G., Repmann, F. & H. Grünewald (2007): Nachwachsende Rohstoffe aus Sicht des Bodenschutzes. In: ITVA (Hg.), Altlastensymposium 2007, S. 160–172.
- Isermeyer, F. & Y. Zimmer (2006): Thesen zur Bioenergie-Politik in Deutschland. Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie 02/2006, Braunschweig.
- Plieninger, T., Bens, O. & R. F. Hüttl (2006): Perspectives of bioenergy for agriculture and rural areas. In: Outlook on Agriculture 35, S. 123–127.
- Rode, M., Schneider, C., Ketelhake, G. & D. Reißhauer (2005): Naturschutzverträgliche Erzeugung und Nutzung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung. BfN-Skripte 136, Bonn.
- Schneider, U., Grünewald, H. & R. F. Hüttl (2004): Produktion von Holz auf Neulandstandorten. In: Scholz, V. (Hg.), Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Potenzial, Anbau, Technologie, Ökologie und Ökonomie. Bornimer Agrartechnische Berichte 35, Potsdam, S. 41–52.
- Schwägerl, Christian: Bioraffinieren statt Bioziegenkäse. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 14.10.2006.
- Shinnar, R. & F. Citro (2006): Energy – A road map to US decarbonization. In: Science 313, S. 1243–1244.
- Sims, R. E. H. (2003): Bioenergy to mitigate for climate change and meet the needs of society, the economy and the environment. In: Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 8, S. 349–370.
- Soppa, R. (2006): Holz – vom Ladenhüter zur Mangelware. In: AFZ/Der Wald 61 (10), S. 518–519.
- Young, A. (1998): Agroforestry for Soil Management. CAB Int. Publ., New York.

# Zur Energiewirtschaft des ländlichen Raumes

## 1 Historische Anmerkung

Reinhard Hüttl hat zur Motivation für das Projekt LandInnovation auf das *Noth- und Hilfsbüchlein für Bauersleute* von 1788 zurückgegriffen, um die historische Dimension der Aufgabe zu illustrieren. Dieser Umstand lässt es geboten erscheinen, auch für Teilthemen des Projektes nach ähnlichen Motivationshilfen zu suchen. Für energiewirtschaftliche Probleme kann ein Ansatz in dem Buch *Kraft und Wärme in der Landwirtschaft und in landwirtschaftlich industriellen Betrieben* von W. Leder gefunden werden. Dieses Buch ist 1930 in der Sammlung *Wärmelehre und Wärmewirtschaft in Einzeldarstellungen* erschienen, die in den zwanziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts veröffentlicht wurde und die explizite Begründung der Wärmewirtschaft oder, wie später gesagt wurde, der Energiewirtschaft markierte. Diese Disziplin bildete sich im Gefolge des 1. Weltkrieges, das durch eine Kohle- und Energiekrise gekennzeichnet war. Die Abschnitte des Buches von Leder können für mancherlei Probleme unseres aktuellen Projektes als historische Einleitung dienen. Schließlich hat die Sammlung einen Bezug zu unserer Akademie, war doch einer der Herausgeber – Walther Pauer (1887–1971) – Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften der DDR.

## 2 Energetische Grundbedürfnisse und der Gesamtbedarf

Der ländliche Raum hat von alters her die Aufgabe, die energetischen Grundbedürfnisse der Bevölkerung zu decken. Das ist zunächst die Befriedigung des Ernährungsbedarfs. Der Mensch benötigt zur Aufrechterhaltung seiner Körpertemperatur von etwa 37 °C ungefähr 100 W an Energie. Das erscheint nicht viel im Vergleich beispielsweise mit Leistungsangaben von Geräten, die die Gesellschaft heute tagtäglich umgeben und begleiten.

Da nach dem Satz der Erhaltung der Energie die aufgenommene Energie insgesamt wieder abgegeben werden muss, eignet sich der Mensch auch als Wärmequelle, da seine Körpertemperatur im allgemeinen weit über der Umgebungstemperatur liegt. Daraus resultiert die alte Heizungsregel: 7 Personen ersetzen einen Kachelofen. Tatsächlich hat man in früheren Zeiten das Militär abgeordnet, zum Beispiel am Nachmittag das Theater für den Abend zu temperieren.

Der Grundleistungsbedarf des Menschen führt in Verbindung mit der Bevölkerungszahl rasch zu Größenordnungen, die industrielle Dimensionen annehmen. Für Deutschland mit einer Bevölkerung von etwa 80 Millionen sind das dann heute schon 8 Gigawatt (GW), für die EU etwa 40 GW und für die derzeitige Weltbevölkerung 600 GW. Man muss sich vor Augen halten, dass 1 GW etwa die Leistung eines Großkraftwerkes als Kohle- oder Kernkraftwerk ist. Diese Leistung muss von der landwirtschaftlichen Produktion aufgebracht werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die primäre Biomassenerzeugung, die damit verbunden ist, ein Vielfaches des angegebenen Wertes beträgt. Das ist bedingt durch die Verluste, die bei den vielen Umwandlungsstufen vom Primärprodukt bis zum Nahrungsmittel auftreten. Je nach den dabei durchlaufenen technologischen Ketten sind diese Verluste unterschiedlich groß. Besonders groß sind sie, wenn die Nahrungsgüterproduktion über die Tierproduktion erfolgt. In diesem Fall kann die erforderliche Primärenergie das Zehnfache und mehr der Endenergie betragen. Das führt dazu, dass die Energieproduktion der Landwirtschaft heute schon über der durch die Kohleverbrennung erzeugten im volkswirtschaftlichen Rahmen liegt.

Zur energetischen Einschätzung und Bewertung der Landwirtschaft ist die Angabe des volkswirtschaftlichen Gesamtbedarfes erforderlich. Er beträgt in Deutschland etwa 480 GW, das ist demnach das 60-fache des Ernährungsbedarfes. Damit liegt Deutschland etwa bei 50 % des entsprechenden nordamerikanischen Wertes und beim Zehnfachen des Durchschnittwertes von Afrika. Für die weitere Diskussion der Gegebenheiten des ländlichen Raumes sind Angaben für die landwirtschaftliche Produktion erforderlich. Der Anteil der Landwirtschaft selbst ist schwer zu bestimmen, da er in den zugänglichen Statistiken gewöhnlich nur unvollständig oder gar nicht angegeben wird. Man schätzt, dass er etwa bei 2 bis 3 % liegt und damit etwa ca. 10 bis 12 GW betragen könnte. Er setzt sich aus dem direkten und indirekten Energieverbrauch zusammen, die beide in der gleichen Größenordnung liegen. Im einzelnen wird angegeben (Heinloth 1997):

Direkter Energieverbrauch	49 %
davon Kraftstoff	20 %
Heizöl	23 %
Elektroenergie	3 %
Gas/ Kohle	1 %

Indirekter Energieverbrauch	51 %
davon für Mineraldünger	20 %
Pflanzenschutzmittel	1 %
Futtermittel	23 %
Saat-, Pflanzgut	2 %
Maschinen, Anlagen	5 %

Diese Größenordnungen muss man sich vor Augen halten für die Einordnung und Einschätzung der folgenden Überlegungen, denn es sind einige quantitative Angaben erforderlich.<sup>1</sup>

### 3 Energetische Eigenschaften der Biomasseproduktion

Die sich abzeichnenden Strukturänderungen im ländlichen Raum erfordern im Hinblick auf eine künftige nachhaltige Entwicklung ein Nachdenken über neue Nutzungsmöglichkeiten. Die Funktion des ländlichen Raums als Nahrungsgüterproduzent sollte sicher erhalten bleiben. Die Effizienzsteigerung der landwirtschaftlichen Technologien führt aber zu einer ständigen Verminderung der hierfür erforderlichen Fläche sowie zu einer Arbeitskräfteabnahme. Hinzu kommen noch wirtschaftliche Einflüsse infolge der Globalisierung, die zu einer Veränderung der Erzeugerprodukte in Qualität und Quantität zwingen können. Das alles führt zu der angegebenen Aufgabenstellung. Als ein Lösungsvorschlag bietet sich die Biomassenproduktion als Basis für die Bereitstellung entsprechender Energieträger an. Die Erzeugung von

---

<sup>1</sup> Die quantitativen Angaben in der Literatur und vor allem in der öffentlichem Presse erfolgen im den unterschiedlichsten Einheiten, so dass ein Vergleich und damit eine Einschätzung nicht unmittelbar möglich ist. Der Leser hat den Eindruck, dass stets solche Einheiten gewählt werden, die möglichst große Zahlenangaben notwendig machen. Außerdem werden immer Jahresverbräuche und -erzeugungen angegeben. Physikalisch betrachtet sind dies nichts anderes als durchschnittliche Leistungen und hierfür gibt es eine schöne Einheit – das Watt. Deshalb soll im folgenden angestrebt werden, die energetischen Quantitäten als Leistungen in W bzw. in entsprechenden Vielfachen anzugeben. Als Umrechnungsfaktoren ergeben sich zum Beispiel

$$1 \frac{tSKE}{a} = 929W \approx 1kW$$

$$1 \frac{kWh}{a} = 0,11W \approx 0,1W$$

$$1 \frac{MJ}{a} = 0,032W$$

Biomasse kann so als eine neue Energiequelle mit den Eigenschaften einer Einkommensenergie angesehen werden. Das bedeutet, dass ihr Leistungsangebot begrenzt ist, aber ihre Reichweite nach menschlichem Ermessen beliebig sein kann.

Die Verwendung der Biomasse als Energiequelle besitzt einige prinzipielle Vorteile, die in vielerlei Hinsicht in der aktuellen Diskussion von Bedeutung sind. Es sind dies vor allem:

- Die Produktion von Biomasse ist auf der Grundlage der historisch gewachsenen land- und auch forstwirtschaftlichen Technologien möglich. Erfahrungen aus diesen Bereichen können somit ohne weiteres einfließen und Arbeitskräfte Einsatzmöglichkeiten finden.
- Die Biomasse fällt, zumindest im Verlaufe ihrer Verarbeitung, im festen Aggregatzustand an. Das ist für den Ausgleich zeitlicher Unterschiede zwischen Energieangebot und -bedarf insofern von wesentlicher Bedeutung, als der feste Zustand außerordentlich günstige Speichermöglichkeiten eröffnen kann. Da sich andere Energieformen, insbesondere die Elektroenergie, nicht oder nur über Transformationen speichern lassen, kann diese Eigenschaft für die Gestaltung von Energieversorgungssystemen von großer Bedeutung sein.
- Die Verwendung von Biomasse ist CO<sub>2</sub>-neutral, da bei ihrer Umwandlung bestenfalls so viel CO<sub>2</sub> entstehen kann, wie die Pflanzen im Verlaufe ihres Wachstums gebunden haben. Man kann zu der Klimadiskussion sicher berechtigt unterschiedliche Positionen beziehen, der Versuch das CO<sub>2</sub>-Niveau in der Atmosphäre zu halten, zwingt zu einer rationellen Energieanwendung. Aus energetischer Sicht ist dies sicher eine technisch und volkswirtschaftlich vernünftige Zielstellung.

Diese Eigenschaften haben dazu geführt, dass in der jüngsten Vergangenheit bereits eine unübersehbare Anzahl von Publikationen über die Möglichkeiten der Verwendung von Bioenergie in der Fachliteratur vorliegt. Viele davon entwerfen die phantastischsten Zukunftsbilder, da die Bioenergie in der allgemeinen Öffentlichkeit im erheblichen Maße von den scheinbar positiven Eigenschaften der Einkommensenergien partizipiert, als da sind: Ablösung der fossilen Energieträger und letzten Endes Ausnutzung der Sonnenenergie.

Jedoch haben auch schon viele Technologien der Bioenergienutzung, teilweise seit alters her, praktische Anwendung gefunden, wenn man an die Holzverbrennung, die Verwendung getrockneten Dungs oder den Einsatz von Biogasanlagen denkt.

All diese Umstände zwingen uns zu einer nüchternen Vorstellung von der Potenz der Bioenergie und ihren möglichen Verwendungsstrategien. Auch dazu liegt schon eine Vielzahl von Abschätzungen in der Literatur vor, auf die wir hier zurückgreifen. Da für die Verhältnisse in Deutschland die Flächen für mögliche Biomassenproduktionen sich recht gut abschätzen lassen, kann für die verschiedenen Pflanzen, die als

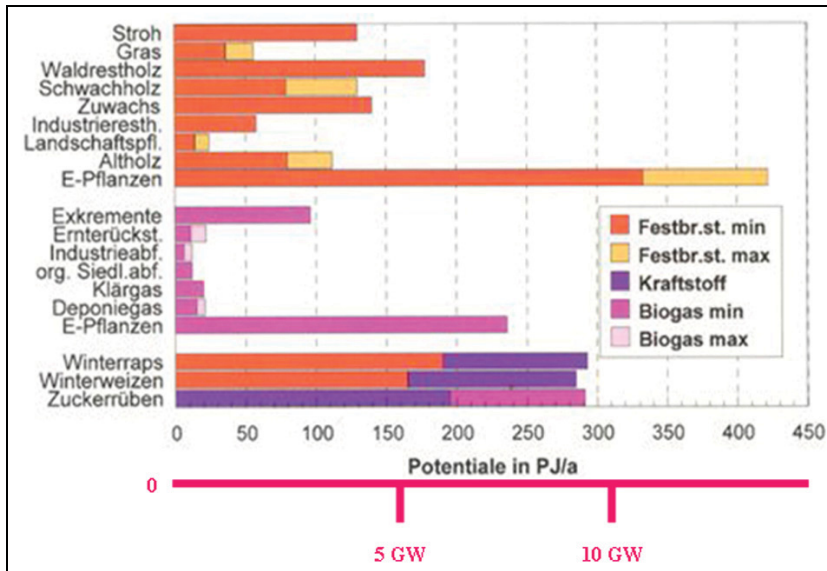


Abbildung 1  
Biomassepotential

Energieträger in Frage kommen, die mögliche Energieproduktion angegeben werden. Das ist in Abbildung 1 für verschiedene Umwandlungstechnologien dargestellt (Kaltschmitt 2004). Diese Zahlen kennzeichnen aus heutiger Sicht mögliche Potentiale an Bioenergie. Wie schon angegeben, ist in einer 2. Abszisse die eigentliche Leistungsgröße vermerkt.

Auf der Grundlage solcher Überlegungen lassen sich dann auch Angaben über das mögliche Gesamtpotential machen, die gleichfalls in der Literatur zu finden sind (Heinloth 1997). Es sind dies in der Größenordnung

Wald	3 GW
Landwirtschaft	27 GW
<u>Abfälle</u>	8 GW
	38 GW

Im Vergleich zum Gesamtbedarf entsprechen diese Angaben ca. 8 %. Das relativiert schon manche utopische Vorstellung; andererseits rechtfertigen die dahinter stehenden Absolutzahlen auf jeden Fall eine aktive Auseinandersetzung. Dies erfordert weitere Einschätzungen und Bewertungen.

Zunächst ein Überblick über die möglichen Umwandlungstechnologien für Biomasse. Biomasse besteht aus komplexen organischen Verbindungen, aus denen stofflich prinzipiell ein großer Teil der gesamten organischen Chemie erschlossen werden



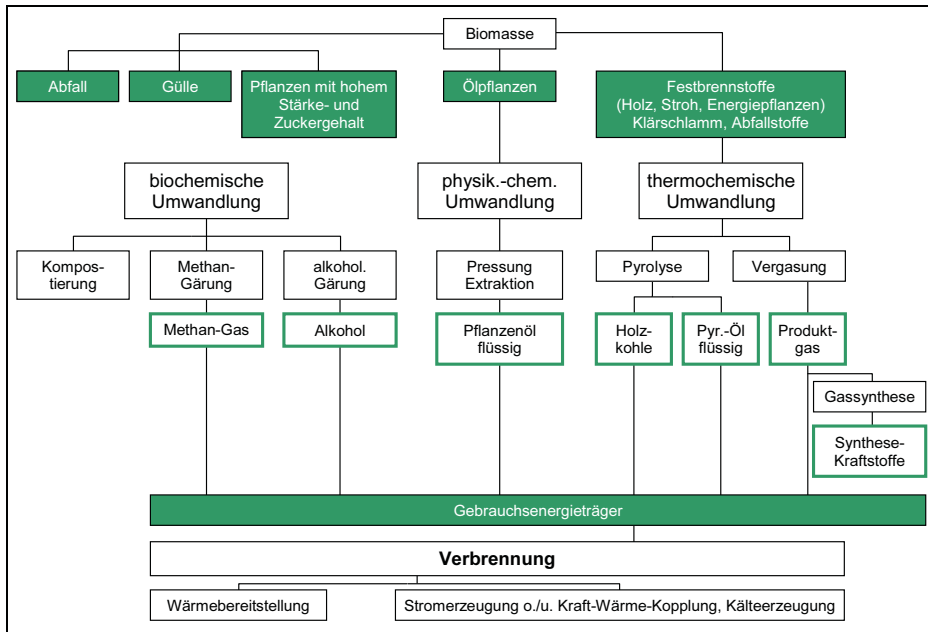


Abbildung 2  
Umwandlungstechnologien für Biomasse

kann. Energetisch können theoretisch sämtliche wichtigen **Gebrauchsenergeträger** hergestellt werden. Als Biomasse werden nicht nur die verschiedensten Pflanzen und Festbrennstoffe bezeichnet sondern auch Abfälle und Gülle. Bei den Umwandlungstechnologien, die in Abbildung 2 (Hebecker et al. 2006) dargestellt sind, unterscheidet man zwischen biochemischen, physikalisch-chemischen und thermochemischen Verfahren. Zu den biochemischen Verfahren zählen die Biogasanlagen und die Verfahren zur Bioethanolherstellung; die repräsentativsten Vertreter der zweiten Gruppe sind die Verfahren zur Herstellung von Biodiesel. In der dritten Gruppe sind Verfahren zusammengefasst, die über die Prozesse der Pyrolyse oder Vergasung entweder gasförmige **Gebrauchsenergeträger**, die direkt der Nutzenergieumwandlung zugeführt werden, oder eine Art Synthesegas erzeugen, das über eine geeignete Synthese, zum Beispiel das Fischer-Tropsch-Verfahren, definierte flüssige Kraftstoffe produzieren. Sämtliche so erzeugten **Gebrauchsenergeträger** im flüssigen oder gasförmigen Zustand werden bei der energetischen Verwendung letzten Endes der Verbrennung zugeführt, die auf konventionellem Wege Wärme und/oder mechanische oder elektrische Energie bereitstellen kann. Natürlich können die festen Biobrennstoffe im einfachsten Fall der Verbrennung unmittelbar ohne Zwischenstufen zugeführt werden.

Aus diesem Schema wird deutlich, dass eine außerordentlich große Vielfalt von möglichen Umwandlungsverfahren für Bioenergie denkbar ist. Die bisherige Praxis und die Fachliteratur haben aus den unterschiedlichsten Gründen die Biogasanlagen und die Bioethanol- und Biodieselherstellung favorisiert. Das erscheint zunächst aus elementaren wirtschaftlichen Erwägungen heraus naheliegend, ist aber eine nicht notwendige Beschränkung, die die Vielfalt und Flexibilität einengt und im konkreten Anwendungsfall auf mögliche Effizienzsteigerungen verzichtet. Aus diesem Grund sollen für eine breitere Einschätzung der Nutzung von Bioenergie einige weitere prinzipielle Eigenschaften dieser Energieform quantitativ eingeschätzt werden.

An erster Stelle ist auf die Leistungsdichte der Bioproduktion zu verweisen. Angaben aus der Literatur kennzeichnen die zu erreichende Größenordnung. Übersetzt in eine technische Sprache wird ein Durchschnittswert von etwa  $0,65 \text{ W/m}^2$  angegeben. Als Vergleichsmaßstab ist die Solarkonstante anzusehen mit  $1,4 \text{ kW/m}^2$  an der äußeren Erdatmosphäre oder die Leistungsdichte der Sonnenstrahlung im Jahresmittel auf der Erdoberfläche von  $140 \text{ W/m}^2$ . Diese Werte muss man den Leistungsdichten konventioneller Verfahren der Energieumwandlung gegenüberstellen. So findet man für

Braunkohle-Tagebau	$2400 \text{ W/m}^2$
Kohlekraftwerke	$3300 \text{ W/m}^2$
<i>oder für Einzelemente</i>	
Wärmerohr	$10^3 \text{ kW/m}^2$
Kernreaktor	$10^4 \text{ kW/m}^2$

Ohne diese Angaben an dieser Stelle weiter zu vervollständigen, wird offensichtlich, dass sich die konventionellen Verfahren der Energieumwandlung von denen der Bioenergienutzung um Größenordnungen unterscheiden und zwar schon auf der Ebene der Primärenergiebereitstellung. Da die Leistungsdichte ein erstes Maß für den Umfang und die Größe der technischen Anlagen ist, die zu ihrer Gewinnung und Umwandlung erforderlich sind, ist für eine konzentrierte Energiebedarfsabdeckung somit für konventionelle Verfahren ein prinzipieller Vorteil gegenüber der Bioenergienutzung gegeben. Diese Zahlen charakterisieren naturwissenschaftliche Grenzwerte.

Zur Einschätzung weiterer Eigenschaften der Bioenergie werden im allgemeinen wirtschaftliche Vergleichswerte, wie beispielsweise der Erdölpreis oder geeignete Kosten, verwendet. Wie die Vergangenheit und auch die gegenwärtigen Erfahrungen zeigen, sind derartige Angaben außerordentlich subjektiv gefärbt und führen häufig zu technisch und volkswirtschaftlich unsinnigen Lösungen. Es sei nur auf die Wasserkraftwerke als sogenannte „Großbauten des Kommunismus“ erinnert, die scheinbar wirtschaftlich wurden, da man glaubte, im Sozialismus keinen Zins erheben zu müssen. Oder es sei auf die Festlegungen der DDR erinnert, dass die Rohbraunkohle überall im Lande den gleichen Preis haben sollte. Die Folge war ein entsprechender und teurer Wassertransport im Lande. In ähnlicher Weise verbiegt zum Beispiel

heute die Subventionierung des Solarstromes die technische Realität und führt zu volkswirtschaftlichen Verlusten. Aus jüngster Zeit sei auf die Spekulation an der Börse mit dem Getreidepreis verwiesen, die beispielsweise wirtschaftlich zu dem Ende der Biogasanlagen führen kann. Ohne die Liste derartiger Fehleinschätzungen weiter zu vervollständigen, ist festzustellen, dass wirtschaftliche Angaben offensichtlich nicht die Basis für die Ableitung einer langfristigen Strategie sein können. Deshalb wird im folgenden lediglich eine technische Bewertung der Eigenschaften der Bioenergie und der zugehörigen Energiesysteme mit Hilfe der Exergie vorgenommen. Die Exergie<sup>2</sup> ist eine Art Erweiterung des Energiebegriffes (Fratzscher et al. 1986).

Zu den technisch bedeutsamen Eigenschaften einer Energieform zählen neben der Leistungsdichte ihre Transporteigenschaften. Da im allgemeinen die Primärenergie nicht an dem Ort zur Verfügung steht, wo der Energiebedarf anliegt, muss ein Energietransport erfolgen, der je nach der Lage der Umwandlungsanlagen als Primär-, Gebrauchs- oder Nutzenergie durchzuführen ist. Zum Vergleich sind im folgenden für einige Energieträger Massenströme angegeben, die zu transportieren sind, um jeweils 100 kW Exergieleistung am Verbrauchsort zur Verfügung zu stellen:

Braunkohle	128 kg/h
Braunkohlenbriketts	53 kg/h
Steinkohle	35 kg/h
Heizöl	27 kg/h
Erdgas	22 kg/h
Mitteldruckdampf	322 kg/h
Warmwasser	9550 kg/h
Kältemittel	1720 kg/h

Für die verschiedenen Formen der Bioenergie standen keine Werte zur Verfügung. Es lässt sich aber leicht abschätzen, dass die entsprechenden Werte auf Grund des Dichteverhältnisses ein Mehrfaches der Rohbraunkohle betragen können. Aus diesen

---

<sup>2</sup> Unter Exergie versteht man die maximal gewinnbare Arbeit beim Ausgleich eines Systems mit der Umgebung. Danach gilt, dass jede Energie  $W$  sich aus Exergie  $E$  und Anergie  $A$  zusammensetzt

$$W = E + A$$

wobei  $A$  der Teil der Energie ist, der sich unter den gegebenen Umgebungsbedingungen prinzipiell nicht in Arbeit umwandeln lässt. Manche Energien bestehen nur aus Exergie, zum Beispiel Elektroenergie. Die Umgebungsenergie ist reine Anergie. Die Exergie besitzt Potentialcharakter. Abweichungen von der Umgebungstemperatur ergeben sowohl oberhalb davon als auch unterhalb positive Werte der Exergie.

Zahlenwerten lässt sich erkennen, dass Öl und Gas offensichtlich die besten Transporteigenschaften besitzen. Braunkohle wie auch die Bioenergie wesentlich schlechter abschneiden, da für die gleiche Leistung entsprechende größere Massenströme zu transportieren sind. Wärme- und Kälteenergie besitzen demnach nur sehr geringe Transporteigenschaften. Sie sind deshalb nur dezentral, das heißt am Ort des Verbrauches, zu erzeugen.

Ein weiteres Problem der Energieversorgung besteht darin, dass zeitliche Unterschiede zwischen Energiebedarf und -angebot auszugleichen sind. Sie sind primär durch den Tages- und durch den Jahresrhythmus verursacht, unterliegen aber auch den Lebens- und Arbeitsgewohnheiten und vielerlei stochastischen Einflüssen. Sie können durch organisatorische Maßnahmen ausgeglichen werden oder technisch durch Energiespeicher. Die verschiedenen Energieformen besitzen sehr unterschiedliche Speichereigenschaften. Die festen wie auch die flüssigen Energieträger besitzen die besten Speichereigenschaften. Sie haben nicht nur eine sehr hohe spezifische Speicherfähigkeit, sondern weisen auch die geringsten Speicherverluste auf. Die Qualität der Energie wird in diesen Formen durch die Speicherung kaum vermindert. Es ist nun interessant, dass einige der Bioenergieträger wie zum Beispiel Stroh, aber auch die Zuckerrübe und Pellets die gleiche Größenordnung aufweisen. Es wird angegeben (Hebecker et al. 2006)

Stroh Rundballen	420 kWh/m <sup>3</sup>
Zuckerrübe	670 kWh/m <sup>3</sup>
Holzpellets	2550 kWh/m <sup>3</sup>

Bioenergie kann demnach in geeigneter Form sehr gute Speichereigenschaften besitzen. Das gilt natürlich auch für die aus primärer Bioenergie erzeugten flüssigen und gasförmigen Gebrauchenergieträger wie Kraftstoffe und Synthesegas.

Zusammenfassend gilt festzuhalten, dass die Bioenergie in Form der Primärenergie durch eine im Vergleich zu anderen Energieträgern sehr geringe Leistungsdichte, durch einen hohen spezifischen Transportaufwand aber durch sehr gute Speichereigenschaften gekennzeichnet ist. Es sei nochmals betont, dass diese Einschätzung allein aus technischer Sicht abgeleitet wurde. Sie ist nicht belastet durch wirtschaftliche Betrachtungen.

## 4 Energieversorgungssysteme auf der Grundlage von Bioenergie

Die vorgestellten Eigenschaften der Bioenergie lassen den Gedanken aufkommen, sie für die Energieversorgung des ländlichen Raumes selbst einzusetzen. Dafür spricht, dass der ländliche Raum gegenüber Ballungsgebieten durch eine sehr viel

	Ballungsraum - Veraltungs- großstadt	Ballungsraum - Industrie- großstadt	Mischraum- ländlich mit Zentren	ländlicher Raum
konkretes Beispiel	Düsseldorf	Duisburg	Versorgungs- gebiet Wesel	Spree-Neiße- Kreis
Charakteristische Daten				
Fläche in km <sup>2</sup>	220	220	560	1650
Einwohner in 1000	600	500	250	150
Einwohnerdichte in Einw./km <sup>2</sup>	2 700	2 300	450	90
Endenergieverbrauch <sup>2</sup> in MW	2 050	8 550	850	300
spez. Endenergieverbrauch <sup>2</sup> in kW/Einw.	3,4	17	3,4	2,0
Endenergiebedarfsdichte <sup>2</sup> in MW/km <sup>2</sup>	9,3	39	1,5	0,18
spez. Endenergieverbrauch für Haushalte in kW/Einw.	1,1	0,8	1,3	1,4
Anteile am Endenergieverbrauch in %				
Industrie	30	90	44	11
Haushalte	25	4	29	46
Kleinverbraucher	23	2	5	11
Verkehr	22	5	22	32

Tabelle 1  
Regionaler Energieverbrauch (Fratzcher & Stephan 2000)

geringere spezifische Energiebedarfsdichte ausgezeichnet ist. In der Tabelle 1 sind einige Energiebedarfskennzahlen von Ballungsgebieten und Regionen mit ländlichem Charakter gegenüber gestellt.

Die Unterschiede zeigen sich nicht nur im absoluten Energieverbrauch, sondern insbesondere in der Endenergieverbrauchsichte, die in den Werten der Ballungsgebiete um ein bis zwei Größenordnungen differieren. Interessant ist, dass der spezifische Endenergieverbrauch der Haushalte keine Unterschiede zwischen dem ländlichen Raum und den Ballungsgebieten aufweist. Andererseits nehmen die Haushalte in den ländlichen Räumen den größten Anteil am Endenergieverbrauch ein. Allerdings ist dabei der indirekte Energieverbrauch der Landwirtschaft nicht berücksichtigt.

Die Zahlen für die spezifische Endenergiebedarfsdichte liegen im ländlichen Raum bei 0,18 beziehungsweise 1,5 W/m<sup>2</sup> und entsprechen damit der Größenordnung der Leistungsdichte der Bioproduktion. Diese Übereinstimmung unterstreicht den eingangs geäußerten Gedanken quantitativ. Von dieser Seite lässt sich damit feststellen, dass es technisch sinnvoll erscheint, die Energieversorgung des ländlichen Raumes auf der Grundlage von Bioenergie als einer Einkommensenergie aufzubauen. Der Struktur des ländlichen Raumes angepasst empfehlen sich dann auch dezentrale, nach regionalen Gesichtspunkten angeordnete Anlagen zur Energieumwandlung. Eine zentrale

	Reaktionsgleichung	$\Delta_R h_0$ in kJ/mol	$\Delta_R s_0$ in J/mol K	$e^* = \frac{\Delta_R e}{\Delta_R h}$
Verbrennung	$C + O_2 \rightarrow CO_2$	-393,1	2,8	1,002
	$CO + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO_2$	-284,2	-86,5	0,903
	$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O_{fl}$	-285,5	$\equiv H_O$ -163,0	0,82
	$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O_g$	-241,6	$\equiv H_U$ -44,7	0,944
	$CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O_{fl}$	-927,1	$\equiv H_O$ -242,4	0,92
	$CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O_g$	-802,6	$\equiv H_U$ -5,4	0,998
	$C_2H_2 + 2,5 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + H_2O_g$	-1.254,0	-54,3	0,99
	$C_6H_6_{fl} + 7,5 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 3H_2O_g$	-3.131,2	137,9	1,013
	$C_{11}H_{22}O_{11} + 12 O_2 \rightarrow 12 CO_2 + 11 H_2O_{fl}$	-5.667,1	$\equiv H_O$ 5.684,0	1,03
	$C_{11}H_{22}O_{11} + 12 O_2 \rightarrow 12 CO_2 + 11 H_2O_g$	-5.181,9	$\equiv H_U$ 1.861,9	1,11
Vergasung	$C + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO$	-110,4	89,0	1,25
	$C_2H_2 + O_2 \rightarrow 2 CO + H_2$	-447,3	119,5	1,08
	$CH_4 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO + 2 H_2$	-35,5	169,7	2,43
	$C_2H_6 + O_2 \rightarrow 2 CO + 3 H_2$	-136,1	355,3	1,77
	$C_6H_6_{fl} + 3 O_2 \rightarrow$	-711,0	702,2	1,30
	$C_{11}H_{22}O_{11} + 12 O_2 \rightarrow 12 CO + 11 H_2$	898,0	3.385,2	-0,13
Pyrolyse	$CH_4 \rightarrow C_f + 2 H_2$	74,8	80,7	0,68
	$C_2H_2 \rightarrow 2 C_f + H_2$	-226,6	-58,5	0,92
	$C_6H_6_{fl} \rightarrow 2 C_f + H_2$	-49,0	250,8	2,54
	$C_{11}H_{22}O_{11} \rightarrow C_f + 11 CO + 11 H_2$	857,6	2.802,7	0,02

Tabelle 2  
Reaktionsverhalten von Kohlenwasserstoffverbindungen (Fratzscher & Stephan 2000)

Anordnung der Umwandlungsanlagen würde die quantitativ angepasste Größenordnung von Bedarf und Angebot auflösen und zu zusätzlichen Transformationen und entsprechenden Verlusten und Transportaufgaben führen. Für den konzentrierten Energieverbrauch von Ballungszentren sind dagegen die Vermögensenergien durch ihren hohen Wert der Leistungsdichte angemessen und ermöglichen so auch technisch und volkswirtschaftlich sinnvolle Lösungen. Eine solche Strategie der Energieversorgung könnte auch Energietransporte, zum Beispiel über elektrische Netze, in bestimmten Grenzen halten, die wohl heute durch die Liberalisierung der Netze technisch unnötig überschritten werden.

Zur Einschätzung des so anzustrebenden Energieversorgungssystems sind nun die Umwandlungstechnologien im einzelnen quantitativ zu bewerten. Entsprechend der in diesem Beitrag angewandten Methode soll dies wiederum ausschließlich aus technischer Sicht unter Benutzung des Exergiebegriffes erfolgen. Die Bioenergieträger bestehen im weitesten Sinn aus einem Gemenge von Kohlenwasserstoffverbindungen, die im einzelnen recht interessantes Reaktionsverhalten besitzen können. In Tabelle 2 sind die Reaktionsgleichungen einiger Kohlenwasserstoffverbindungen für

Verbrennungsprozesse, für Prozesse unter Vergasungs- und Pyrolysebedingungen zusammen mit einigen quantitativen Angaben enthalten.  $\Delta_R h$  ist ein Maß für die Reaktionswärme,  $\Delta_R e$  der Wert für die Exergieänderung bei der Reaktion.

Für eine Reihe von Reaktionen ist das Verhältnis

$$\frac{\Delta_R e}{\Delta_R h} > 1,$$

was bedeutet, dass bei dieser Reaktion die maximal abgegebene Arbeit größer sein kann als die Reaktionswärme und, wie die Zahlenwerte zeigen, teilweise sogar recht erheblich. Das ist natürlich energetisch eine außerordentlich bedeutsame Eigenschaft. Sie kann aber nur dann ausgewertet werden, wenn von der üblichen Art der Reaktionsführung – die gewöhnlich isobar-adiabat erfolgt – abgewichen wird. Beispielsweise ist eine isobar-isotherme Führung des Reaktionsprozesses bei der Gleichgewichtstemperatur anzustreben. Hierzu liegen bisher kaum Erfahrungen vor. Zu ihrer Realisierung wäre echte Grundlagenforschung erforderlich. Der Verfolgung dieser Möglichkeit widerspricht von der praktischen Seite her die Tatsache, dass die Bioenergieträger stets als ein Gemisch der verschiedensten Kohlenwasserstoffverbindungen vorliegen. Wenn man sich aber überlegt, welche Anstrengungen an anderer Stelle zur Durchsetzung bestimmter Maßnahmen der Energieeinsparung unternommen werden, ist es sicher richtig, den angegebenen Umstand nicht aus dem Auge zu verlieren.

Zur Einschätzung der praktischen Möglichkeiten sind einige Umwandlungstechnologien der primären Bioenergieträger in Gebrauchsenergien exergetisch untersucht worden. Das Ergebnis ist in Abbildung 3 dargestellt.

Die bereits weiter oben als marktreif bezeichneten Prozesse der Bioethanol- und Biodieselherstellung liegen bei einer exergetischen Güte von etwa 50 %. Dagegen schneidet die Biogaserzeugung mit ca. 70 % doch recht gut ab. Auch die Verfahren, die Biokraftstoffe der 2. Generation erzeugen können, liegen aus exergetischer Sicht in der gleichen Größenordnung. Von besonderer Bedeutung scheint das Ergebnis eines Vergasungsprozesses zu sein, der ähnlich wie die Biogaserzeugung bei etwa 70 % des exergetischen Wirkungsgrades liegt. Obwohl bis zur praktischen Reife eines solchen Prozesses noch Anwendungsforschung notwendig ist und Erfahrungen aus Versuchs- und Pilotanlagen vorliegen müssen, rechtfertigt ein solches Ergebnis derartige Aufwendungen.

Für die Komplettierung der Energieversorgungssysteme sind als nächste Stufe Anlagen zur Umwandlung der Gebrauchsenergie in Nutzenergien erforderlich. Die Struktur dieser Umwandlungsstufe könnte je nach dem Aggregatzustand der Gebrauchsenergie der Abbildung 4 folgen.

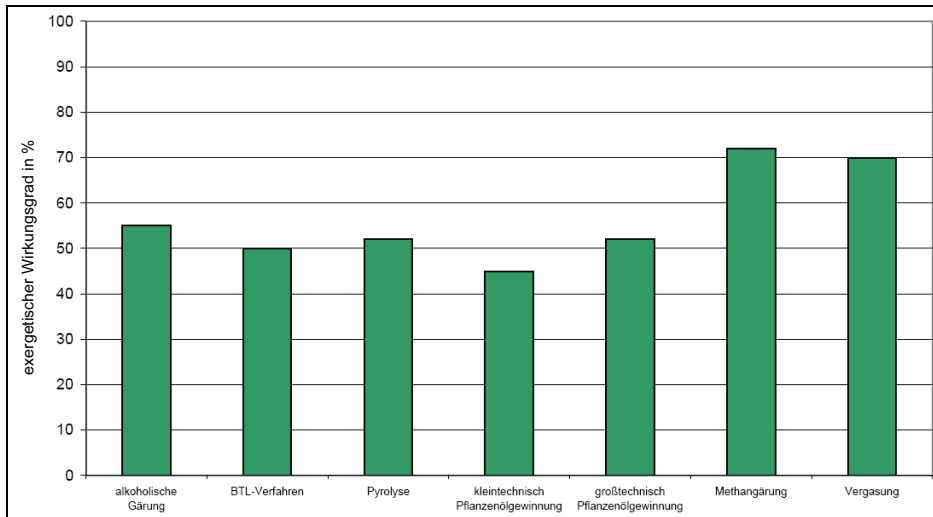


Abbildung 3  
Exergetische Wirkungsgrade verschiedener Umwandlungsverfahren (Hebecker et al. 2006)

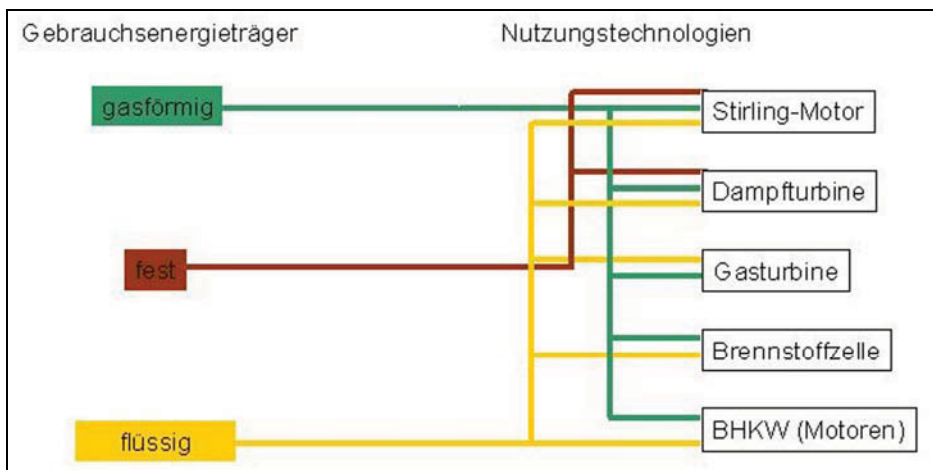


Abbildung 4  
Struktur der Gebrauchsennergiebereitstellung (Hebecker et al. 2006)

Der Einsatz als Kraftstoff ist dabei einbezogen und der Verwendung in einem Blockheizwerk gleichgesetzt. Die exergetischen Wirkungsgrade der entsprechenden Umwandlungsprozesse sind in Abbildung 5 dargestellt.

Besonders schlecht schneidet der reine Heizkessel ab, da bei dieser Technologie eine große Abwertung der Energie erfolgt mit der Bereitstellung der Heizwärme bei etwa 20 °C. Im Vergleich zur 1. Stufe der Umwandlung liegen alle Werte der exergeti-



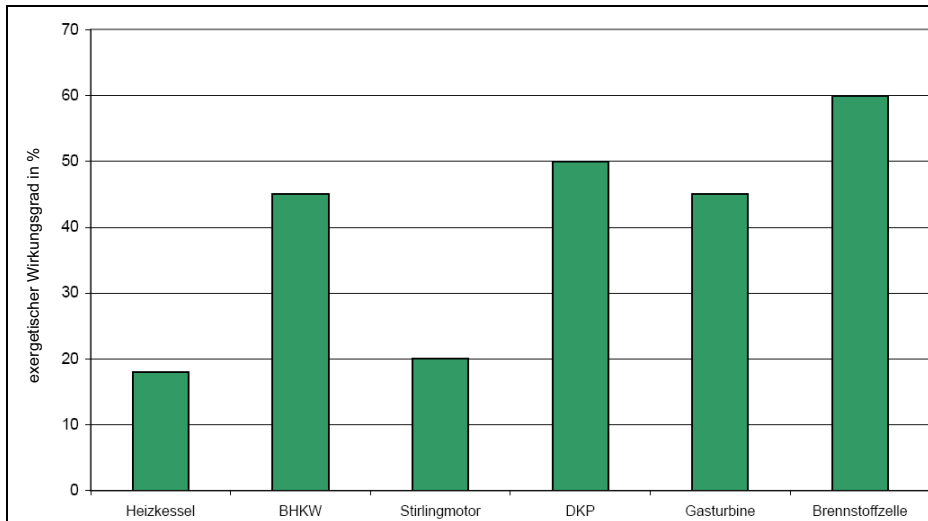


Abbildung 5  
Exergetische Wirkungsgrade der Bereitstellung von Nutzenergie (Hebecker et al. 2006)

schen Wirkungsgrade bei dieser Umwandlung niedriger, da hierbei Arbeit aus Wärme erzeugt wird. Diese Umwandlung unterliegt bekanntlich den Carnotgrenzen. Dass die Werte trotzdem an die 50 %-Grenze heranreichen, liegt an der gleichzeitigen Bereitstellung von Wärme, also an der Realisierung der Kraft-Wärme-Kopplung, die für die lokale Energieversorgung aus vielerlei Gründen sinnvoll erscheint. Die reine Verbrennung der Kraftstoffe in Motoren reduziert den angegebenen Wert des BHKW um die Hälfte bis zu einem Drittel. Der Vollständigkeit halber ist der Stirlingmotor in die Betrachtung einbezogen, da er verschiedentlich aus technologischen Gründen in dem vorliegenden Zusammenhang vorgeschlagen wurde. Der damit erreichte Wert des exergetischen Wirkungsgrades ist relativ gering und liegt in der Größenordnung der reinen Motorenverbrennung. Von besonderer Bedeutung ist natürlich die Brennstoffzelle. Mit ihr erreicht man einen Höchstwert des exergetischen Wirkungsgrades. Allerdings ist sie zur Zeit noch nicht in Gänze marktreif und stellt besondere Anforderungen an die vorgeschalteten technologischen Prozesse.

Aus diesen Einzeluntersuchungen ergeben sich dann die in Abbildung 6 dargestellten Gesamtergebnisse für den exergetischen Wirkungsgrad der Bereitstellung von Nutzenergien aus Bioenergieträgern.

Der technologische Vorteil des Heizkessels besteht darin, dass in ihm auch feste Bioenergieträger zum Einsatz kommen können. Die Ergebnisse lassen sich nach den vorhergehenden Diskussionen im einzelnen nachvollziehen. In der Gesamtschau erscheint wesentlich, dass die exergetische Güte bei der Bereitstellung von gasförmigen Gebrauchsenergieträgern prinzipiell höher ist im Vergleich zu den flüssigen.

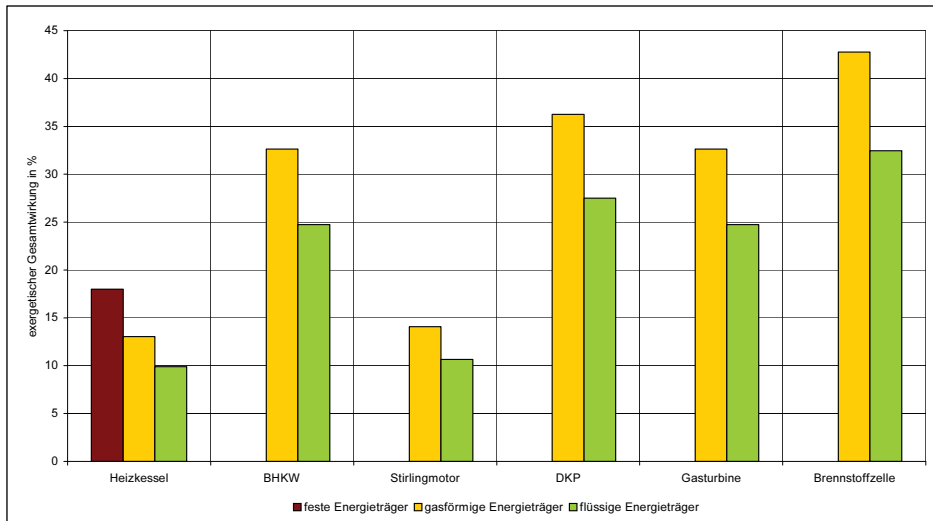


Abbildung 6  
Energetische Gesamtwirkungsgrade der Bereitstellung von Nutzenergien aus Biomasse (Hebecker et al. 2006)

Diese Erkenntnis ist für die Weiterentwicklung der Bioenergieumwandlung von grundsätzlicher Bedeutung. Bisher wurde zu ausschließlich, im wesentlichen aus wirtschaftlichen Gründen, die Erzeugung von flüssigen Energieträgern – eben Kraftstoffe – als Substitute von Erdölimporten in den Mittelpunkt der Betrachtung gestellt. Wenn der Gesichtspunkt der lokalen Energieversorgung im ländlichen Raum stärker einbezogen wird, ist die Erzeugung gasförmiger Gebrauchenergieträger aus technischer Sicht günstiger. Und die technische Sicht sollte für strategische Entscheidungen letztendlich eine Leitlinie darstellen.

## 5 Schlussfolgerungen

Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse ist eine Versuchsanlage entworfen worden, mit der seit einigen Jahren Betriebsergebnisse gesammelt werden konnten. Sie besteht aus einem Vergasungsreaktor, in dem die unterschiedlichsten Bioproducte zum Einsatz gekommen sind, aus einem Blockheizkraftwerk mit Wärmeauskopplung und einer Kälteerzeugung. Auf diese Weise können das Zusammenspiel der Untersysteme studiert und die theoretischen Ergebnisse experimentell verifiziert werden. Insofern stellt die Versuchsanlage gleichzeitig eine Referenzanlage dar. Da von dem Hintergrund einer dezentralen Energieversorgungsanlage ausgegangen wurde, ist bewusst nicht nur die Wärmebereitstellung, sondern auch die von Kälte in die

Betrachtung einbezogen worden. Nach den Überlegungen zu den Transporteigenschaften der verschiedenen Energieformen erfordert die Kälteerzeugung und -verteilung gleichfalls dezentrale Lösungen. Wenn sie darüber hinaus mittels Absorptionsprozessen erzeugt wird, ist so auch für die Sommerperiode ein kontinuierlicher Wärmeverbrauch gegeben.

Noch weitergehende Vorstellungen sind von H. Spindler in der Fördergemeinschaft Ökologische Stoffverwertung e. V. (FÖST-Halle) (Spindler 2006) entwickelt worden. Neben ein Energieversorgungssystem, wie es eben vorgestellt wurde, sollte im stofflichen und energetischen Verbund eine Bioethanol- und eine Biodieselanlage sowie eine Biogasanlage angeordnet werden. Das könnte zum Beispiel dadurch zu Synergieeffekten führen, indem die Biogasanlage und vielleicht auch die Vergasungseinrichtungen Rückstände der Ethanol- und Dieselproduktion aufarbeiten und der Energieverbrauch der Destillationsanlagen von der Wärmebereitstellung aus dem eigentlichen Kraftwerkskomplex gedeckt wird. Das vorliegende Konzept könnte so als eine Mini-Bioraffinerie bezeichnet werden. Die erforderliche Komplexität der Gesamtanlage würde in jeder Hinsicht eine hohe Flexibilität sichern. Das gilt sowohl für die einzusetzenden Biomassen, die keine reinen Monokulturen erforderten, und natürlich für die Anpassung an die unterschiedlichen energetischen Bedürfnisse. Darüber hinaus wird deutlich, dass durch entsprechende Nachfolgetechnologien eine Art Düngemittelproduktion angeschlossen werden könnte. Für eine abgerüstete Variante bei Beibehaltung der Grundstruktur – Ethanol- und Dieselanlage sowie Biogas- und Vergasungsanlage – ist rein rechnerisch ein möglicher wirtschaftlicher Betrieb aufgezeigt worden.

Soweit zwei erste beispielhafte Konzepte. Zusammenfassend soll nochmals betont werden, dass sich bei vielen Problemen, insbesondere aus energiewirtschaftlichen Erfahrungen heraus, als jeweils optimale Lösungen stets ein Kompromiss zwischen den verschiedenen Varianten ergeben hat. Insofern erscheint die ausschließliche Orientierung der Biomassenutzung auf die Erzeugung flüssiger Gebrauchsenergieträger als Kraftstoffe, wie sie derzeit in der Literatur häufig allein vertreten wird, eine Einengung, die zur unvollständigen Ausschöpfung der möglichen positiven Eigenschaften der Biomasse führt. Damit werden mögliche Reserven für eine rationelle und effiziente Gestaltung der gesamten Energieversorgung verschenkt. Als Ergebnis der vorliegenden Zahlenabschätzung für die mögliche Entwicklung der Bioenergienutzung könnte deshalb die folgende Grundstruktur vorgeschlagen werden:

Neben der Absicherung der Ernährung könnten die darüber hinaus möglichen Kapazitäten der Bioproduktion über die dezentrale Erzeugung von Gebrauchsenergie für die Bereitstellung flüssiger Energieträger, vordergründig als Kraftstoffe, und zum Beispiel über gasförmige Energieträger für die Absicherung der dezentralen Energieversorgung eingesetzt werden. Damit wäre eine nahezu autarke Energieversorgung

des ländlichen Raumes zu erreichen und darüber hinaus noch ein erheblicher Export flüssiger Energieträger möglich. Auf diese Weise könnten in technischer Hinsicht aber sicher auch für volkswirtschaftliche Dimensionen sinnvolle Lösungen angestrebt werden.

Da wir uns im vorliegenden Beitrag auf die quantitative Diskussion naturwissenschaftlicher und technischer Kategorien beschränkt haben, können wir als Leitmotiv über alle diese Überlegungen und Diskussionen den energetischen Imperativ von Wilhelm Ostwald stellen:

Vergeude keine Energie, verwerte sie!

## Literatur

- Fratzscher, W. & K. Stephan (Hg.) (2000): Abfallenergieverwertung – Ein Beitrag zur Entropiewirtschaft, Braunschweig, Wiesbaden.
- Fratzscher, W. et al. (1986): Exergie – Theorie und Anwendungen, Leipzig.
- Hebecker, D. et al. (2005): Hierarchically structured exergetic and exergoeconomic analysis and evaluation of energy conversion processes. In: *Energy* 46, S. 1247–1266.
- Hebecker, D., Purr, I. & K. Purr (2006): Konversions-, Speicher- und Versorgungstechnologien für die energetische Biomassenutzung. Materialien der IAG Zukunftsorientierte Nutzung ländlicher Räume der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften 8, Berlin.
- Heinloth, K. (1997): Die Energiefrage, Braunschweig, Wiesbaden.
- Kaltschmitt, M. (2004): Energetische Nutzung von Biomasse. Technik, Potentiale, Kosten, Umweltaspekte. In: *Energie, Nova Acta Leopoldina* 339, Bd. 91, S. 305–329
- Leder, W. (1930): Kraft und Wärme in der Landwirtschaft und in landwirtschaftlich-industriellen Betrieben. Band IX der Sammlung „Wärmelehre und Wärmewirtschaft in Einzeldarstellungen“, Dresden, Leipzig .
- Spindler, H. (2006): Bericht „Mini-Bioraffinerie“, Fördergemeinschaft Ökologische Stoffverwertung e. V., Halle/Saale.



## Neuverhandlung der Agrarforschung Eine Disziplin im *mode 2* Strudel<sup>1</sup>

Bis vor wenigen Jahren stand fest: Die Fragen zur Landwirtschaft und zu den ländlichen Räumen kann umfassend und wissenschaftlich fundiert nur die Agrarwissenschaft untersuchen.<sup>2</sup> Aufgrund ihres multidisziplinären Charakters ist sie in der Lage, die verschiedensten Aspekte zu berücksichtigen und zu einem kohärenten Bild zusammenzufügen. Da sie zudem anwendungsorientiert forscht und eng mit der Politik, insbesondere mit der Agrarpolitik verwoben ist, gehört es zu ihrem wissenschaftlichen Repertoire, praxistaugliche Vorschläge zu unterbreiten und diese sogleich in politisch handhabbare Konzepte umzusetzen. Das Primat der Agrarwissenschaft bei Forschungsthemen zur Landwirtschaft und zum ländlichen Raum spiegelt sich darin wider, dass andere Disziplinen, beispielsweise die Politikwissenschaft oder die Soziologie, diese Sujets haben brach liegen lassen und entsprechend wenig Forschungserfahrung auf diesem Gebiet besitzen (Barlösius & Neu 2003). Die Vorrangstellung der Agrarforschung gründete sich auch darauf, dass der Landwirtschaft wie dem ländlichen Raum eine Spezifik unterstellt wurde, deren Eigenart zu verstehen agrarwissenschaftliches Fachwissen voraussetzt und ebenso eine persönliche Vertrautheit erfordern würde – zum Beispiel ein Gespür für die bäuerliche Landwirtschaft und Lebensweise (vgl. Barlösius 1995, Rieger 1995).<sup>3</sup>

Allerdings zeichnet sich seit einigen Jahren ab, dass sich die behauptete Besonderheit immer weniger überzeugend darstellen lässt: Ländliche bzw. bäuerliche Lebensweisen oder -stile sind weitgehend erodiert, weshalb nicht mehr von einem gesonderten Soziotop ausgegangen werden kann (Barlösius & Neu 2001 u. 2003). Analoges gilt

---

<sup>1</sup> Ich danke Wolfgang Rohe für seine hilfreiche Kommentierung und kritische Durchsicht.

<sup>2</sup> Ich befasse mich im Folgenden hauptsächlich mit der Agrarforschung in Deutschland. In anderen europäischen Ländern wie Frankreich, den Niederlanden und der Schweiz hat die Agrarwissenschaft bereits vor einigen Jahren einen massiven inhaltlichen und teilweise auch strukturellen Wandel vollzogen.

<sup>3</sup> Für die Zulassung zum Studium war in den meisten Fällen entweder eine Lehre in der Landwirtschaft oder ein Praktikum vorgeschrieben.

für die Landwirtschaft; ihre Produktion ist größtenteils mit vergleichbar moderner Technik ausgestattet wie dies auf jedem anderen Produktionssektor der Fall ist. Für viele Zweige der Agrarwissenschaft, insbesondere für die Bereiche Pflanze und Tier ist zu beobachten,<sup>4</sup> dass zunehmend sogenannte grundlagenorientierte Wissenschaften wie die (Molekular-)Biologie über traditionell agrarwissenschaftliche Themen forschen. Diese und weitere Wandlungsprozesse begründen, dass die Agrarwissenschaft ihre Monopolposition bei Forschungsfragen zur Landwirtschaft und zum ländlichen Raum einbüßt und sich vermehrt andere Disziplinen diesen Themen zuwenden.

In engem zeitlichen – vermutlich auch ursächlichen – Zusammenhang mit der Einbuße des Vorrechts auf bestimmte Forschungsgegenstände hatten die agrarwissenschaftlichen Einrichtungen wie die landwirtschaftlichen Fakultäten und Forschungsinstitute Streichungen von Professuren und anderen Wissenschaftlerstellen und ganzer Forschungs- und Lehrgebiete hinzunehmen. Zwei Fakultäten – die landwirtschaftlich-gärtnerische der Humboldt-Universität zu Berlin und die agrarwissenschaftliche der Universität zu Kiel – wurden sogar mit Schließung bedroht.<sup>5</sup> Die Folge von beiden Entwicklungen war, dass die Agrarwissenschaft als eigenständige Disziplin sowohl inhaltlich als auch strukturell in eine schwierige Lage geraten ist.

## 1 Aktuelle wissenschaftspolitische Standortbeschreibungen

Dass sich die Agrarwissenschaft in Deutschland in einem prekären Zustand befindet, dokumentiert sich u. a. darin, dass in jüngster Zeit zwei wissenschaftspolitisch bedeutsame Schriften zur gegenwärtigen Lage der Agrarforschung erschienen sind: die Denkschrift *Perspektiven der agrarwissenschaftlichen Forschung* der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG 2005) und die *Empfehlungen zur Entwicklung der Agrarwissenschaft in Deutschland* des Wissenschaftsrates (WR 2006). Während die erste Publikation in weiten Teilen die Binnensicht der Agrarwissenschaft wiedergibt, betrachtet der WR hauptsächlich die agrarwissenschaftlichen Strukturen und Institutionen aus einer größeren Perspektive – im Kontext der benachbarten Fächer und im internationalen Vergleich. Der Wissenschaftsrat konstatiert eine „Krise der Agrarwissenschaften“, die wesentlich auf die seit einigen Jahren stattfindende „Erosion

---

<sup>4</sup> Weitere Bereiche der Agrarforschung sind Boden, Ökologie und Sozial-Ökonomie.

<sup>5</sup> Die agrarwissenschaftliche Fakultät der TU-München wurde einer grundlegenden Reform unterzogen. Sie firmiert nun als „Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt“, womit ein direkter Bezug zur Landwirtschaft fehlt.

der institutionellen Grundlagen“ zurückzuführen ist (WR 2006, S. 19 und 9). Die Ursachen dafür sieht die DFG-Denkschrift darin, dass zwar „in der informierten Fachwelt die Agrarforschung ... durchaus eine ihrer unverändert großen Relevanz entsprechende Anerkennung findet“, aber „dies keinesfalls auch für die öffentliche Wahrnehmung“ zutrifft (DFG 2005, S. 11). Zwei Hauptursachen für die verminderte öffentliche Akzeptanz werden benannt: Erstens haben die „herkömmlichen Aufgaben“ der Agrarforschung „zum Teil an Bedeutung verloren“, und zweitens ist die Agrarforschung mit „veränderten Präferenzen der Gesellschaft“ konfrontiert (DFG 2005, S. 1 und XI). Die Folge ist, dass über die Zukunft der Agrarwissenschaft in Deutschland debattiert wird.

Zur Diskussion stehen die Forschungsthemen. Einerseits gibt es Themen, die an Bedeutung verloren haben, wie in der DFG-Denkschrift angesprochen. Dazu gehören beispielsweise große Teile der agrarsoziologischen Forschung, sofern sie sich noch immer auf die bäuerliche Landwirtschaft als spezielles Soziotop konzentrieren. Andererseits gibt es neue, hochaktuelle Themen, die einen agrarwissenschaftlichen, aber ebenso einen anderen wissenschaftsdisziplinären Bezug besitzen, wie der Klimawandel, die Bioökonomie, das Konsumverhalten und Sicherheits- bzw. Risikofragen (vgl. WR 2006). Typisch für diese Forschungsthemen ist, dass sie sich nicht unmittelbar vom klassischen agrarwissenschaftlichen Forschungskanon – in dessen Zentrum die Landwirtschaft steht – herleiten, sondern quer dazu liegen. Charakteristisch für diese Themen ist weiterhin, dass sie von anderen Disziplinen bereits erforscht werden bzw. kompetent erforscht werden könnten. Einige werden von Grundlagenwissenschaften wie der Biologie, Soziologie oder Ökonomie untersucht, andere von Wissenschaften, die teilweise in Konkurrenz zu den Agrarwissenschaften entstanden sind und ursprünglich agrarwissenschaftliche Themen übernommen haben, beispielsweise die Umweltwissenschaften, die Raumwissenschaften oder die Klimaforschung. Zur Debatte stehen weiterhin die Methoden. Besonders deutlich kann dies an jenen Methoden demonstriert werden, die von anderen Disziplinen entwickelt und von der Agrarforschung adaptiert werden, etwa die Genomforschung, die ökonomische Modellierung oder die Methoden der empirischen Sozialforschung. Immer stellen sich zwei Fragen:

- (1) Gibt es agrarspezifische Methoden, die eine eigene Forschung begründen?
- (2) Lässt sich aus der Methodenvielfalt – die von naturwissenschaftlichen, über ingenieurwissenschaftliche bis zu ökonomischen und sozialwissenschaftlichen reicht – eine kongruente fachdisziplinäre Methodik herausfiltern?

Schließlich wird über die Institutionen und Strukturen der Agrarforschung diskutiert. Die Agrarwissenschaft betrachtet sie aus nachvollziehbaren Gründen primär unter dem Aspekt der Kürzungsmaßnahmen und Stellenstreichungen, die sie abzuwehren versucht. Aus der Perspektive der Universitäten stellt sich dagegen zuvörderst die



Frage, ob es zukünftig weiterhin eigene Agrarfakultäten geben sollte, die oftmals aufgrund ihrer Ausgestaltung mit zahlreichen Disziplinen in der Form von Fachvarianten (z. B. Agrarchemie, -statistik, -politik) eine „Universität in der Universität“ bilden. Aus der Perspektive der deutschen Forschungslandschaft – die Blickrichtung, die der WR in seinen Empfehlungen einzunehmen hatte – stellt sich die Frage nach den Institutionen und Strukturen nochmals anders. Aus dieser Perspektive fällt die außerordentliche institutionelle Zersplitterung der Agrarforschung in Agrarfakultäten, WGL-Institute, Ressortforschungseinrichtungen etc. auf. Sie zeichnet sich zudem durch die Besonderheit aus, dass die außeruniversitären Einrichtungen beinahe ebenso groß sind wie alle Hochschulinstiute zusammengenommen. Diese Zersplitterung kritisierte die DFG schon 1957 in ihrer Denkschrift *Zur Lage der Landbauwissenschaft* (Massow 1957, S. 4).

Kaum im Gespräch sind „Theorien“ der Agrarforschung; hier konstatiert die DFG-Denkschrift ein Defizit. Entsprechend empfiehlt sie der Agrarwissenschaft, eine Theorie „etwa im Sinne einer ‚landwirtschaftlichen Systemtheorie‘ zu erarbeiten“, um ihr Selbstverständnis als landwirtschaftliche Systemwissenschaft theoretisch zu fundieren (DFG 2005, S. 62). Als Systemwissenschaft – so fährt die DFG-Denkschrift fort – befasse sich die Agrarwissenschaft „mit agrarisch geprägten Ökosystemen sowie den soziotechnischen und sozioökonomischen Um- und Supersystemen“ (DFG 2005, S. 13f.).<sup>6</sup> Sie erfasse die „Dynamik sowie die Interaktionen zwischen den verschiedenen Systemelementen“, was ihren multidisziplinären Charakter begründe (ebd., S. 10). Mit der Selbstcharakterisierung als „Systemwissenschaft“ rechtfertigt die Agrarwissenschaft ihre thematische, methodische, institutionelle Eigenständigkeit. Diesen Anspruch kommentiert der WR folgendermaßen: „Die agrarwissenschaftlichen Fachbereiche haben es jedoch ... vor allem in der Forschung nicht ausreichend vermocht, jenen systemwissenschaftlichen Charakter des Fachgebiets zu untermauern, der ihren Anspruch auf eine eigenständige Organisation innerhalb der Universität begründen soll.“ (WR 2006, S. 17)

Über zukünftige Forschungsthemen nachzudenken, die Methodenentwicklung voranzutreiben, den Aufbau geeigneter Institutionen und Strukturen anzustoßen und auch die weitere Theoriebildung anzuregen, gehört zur permanenten wissenschaftlichen Neuorientierung, die jede Disziplin zu leisten hat. Dies sind wissenschaftliche Aufgaben, die den „epistemologischen Kern“ von Wissenschaft betreffen und die zu erfüllen sind, um ihre soziale Sonderstellung zu fundieren und ihren Anspruch auf Institutionalisierung in relativer Autonomie zu rechtfertigen. Die permanente wissenschaftliche Neuorientierung dient dazu, „die Legitimationsbasis für die Autonomie

---

<sup>6</sup> Was unter „Um- und Supersystemen“ zu verstehen ist, erläutert die DFG-Denkschrift nicht.

der Wissenschaften“ immer wieder neu zu bekräftigen (Nowotny 1999, S. 31). Allein aus der disziplinären Neuorientierung erklärt sich die „Krise der Agrarforschung“ nicht; sie hat vorwiegend andere Gründe.

## 2 Gesellschaftliche Neuverhandlung

In Bedrängnis ist die Agrarforschung vor allem durch den massiven Wandel ihres Forschungsgegenstands geraten. Dazu gehört besonders die veränderte gesellschaftliche Wahrnehmung der landwirtschaftlichen Produktion, aber auch der ländlichen Entwicklungschancen, ebenso zählen dazu die Umstellung der Agrarpolitik und gewandelte ökonomische Bedingungen, hinzu kommen neue ökologische Risiken wie der Klimawandel (vgl. Guggenheim 2005). Die wichtigste Ursache für die agrarwissenschaftliche Krise ist jedoch, dass sich die Auftraggeber und insbesondere die Adressaten der Forschungsergebnisse verändert haben. Mit Helga Nowotny gesprochen: Die „gesellschaftliche Kontextualisierung“ der Agrarforschung hat sich in den vergangenen Jahrzehnten gewandelt. Die Summe all dessen führte dazu, dass die Agrarwissenschaft nicht nur eine fachinterne Neuorientierung zu bewältigen hat, sondern sie in den Strudel einer gesellschaftlichen Neuverhandlung geraten ist. Neuverhandlung meint, dass die Entscheidungsmacht nicht mehr vorwiegend in der Hand der Disziplin selbst liegt, sondern sich zunehmend andere Disziplinen und nichtwissenschaftliche Interessengruppen an der Diskussion über die Zukunft der Agrarforschung beteiligen. Auch für weitere Wissenschaften kann man beobachten, dass verstärkt fachfremde Disziplinen und Gruppierungen ein Mitspracherecht bei der Forschungsagenda und insbesondere bei der praktischen Umsetzung der wissenschaftlichen Ergebnisse einfordern (vgl. Nowotny 1999, Nowotny et al. 2005).

Warum das der Fall ist, soll im Folgenden gefragt werden. Die Entwicklung der Agrarwissenschaft in Deutschland seit den 1950er Jahren ist kaum untersucht.<sup>7</sup> Dagegen wurde dieses Thema in Frankreich am Beispiel des Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), insbesondere in den letzten Jahren, breit erforscht. Um eine modellhafte Vorstellung davon zu gewinnen, was sich hinter den Prozessen der Neuverhandlung verbirgt, sollen die wichtigsten Ergebnisse skizziert werden. Die Entwicklungen an dem INRA der letzten Jahrzehnte sollen hier nicht als Vorbild geschildert werden. Es geht einzig darum, eine Beobachtungsperspektive auf die deutsche Agrarforschung zu gewinnen. Das INRA eignet sich dazu besonders gut,

---

<sup>7</sup> Die Agrargeschichte konzentriert sich aus guten Gründen noch immer auf die Zeit des Nationalsozialismus, siehe insbesondere das neuere Themenheft der Zeitschrift für Agrargeschichte und -soziologie (2005).

weil sich an seinem Beispiel das Zusammenspiel von wissenschaftlichem Prestige, also der Verankerung im wissenschaftlichen Feld, und dem Erbringen von Beratungsleistungen für die Praxis – als wichtiges Indiz für die gesellschaftliche Kontextualisierung der Forschung – anschaulich studieren lässt (Bourdieu 1997, S. 43).<sup>8</sup>

### 3 Von der Forschung für Bauern zur grundlagenorientierten Forschung – die französische Variante

Das INRA ist die größte französische Agrarforschungseinrichtung. Es wurde in den 1940er Jahren mit dem Ziel gegründet, zur Optimierung der französischen Landwirtschaft beizutragen.<sup>9</sup> Drei Phasen der Agrarforschung an dem INRA werden unterschieden:

Die erste Phase reichte von 1945 bis ca. 1960. In dieser Zeit waren die Agrar- und die Ernährungsfragen miteinander verbunden. Unter Ägide des Staates sollte die Agrarforschung dazu beitragen, akute landwirtschaftliche Produktionsprobleme zu lösen, um Ernährungssicherung zu garantieren. Entsprechend waren die Beziehungen zwischen den Landwirten und den Landwirtschaftsforschern sehr eng geknüpft. Die Aufgaben der Agrarforschung wurden als Allgemeininteresse angesehen. Die zweite Phase setzte in den 1960er Jahren ein und reichte bis 1975, das Jahr der „ersten Energiekrise“. In diesen Jahren setzte die Agrarforschung auf die Industrialisierung und die Professionalisierung der landwirtschaftlichen Produktion und verlor damit den direkten Kontakt zu den Landwirten. Zunehmend dienten landwirtschaftliche Interessenorganisationen als Vermittler des agrarwissenschaftlichen Wissens an die Landwirte. Die gesellschaftliche und ökonomische Bedeutung der Agrarforschung war weiterhin breit anerkannt. Diese ersten beiden Phasen werden von der französischen Agrargeschichtsschreibung als die „Trente Glorieuses“ bezeichnet (Cauderon 2002).

Mit der Entstehung der ökologischen Bewegung, der zunehmenden Modernisierung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume, dem massiven Verlust von Arbeitsplätzen in der Landwirtschaft setzte in den 1980er Jahren eine kritische Diskussion

---

<sup>8</sup> Man könnte versucht sein, das INRA als „Ressortforschungseinrichtung“ zu klassifizieren. Dies ist aber nicht angemessen. So betont Krauss in der Untersuchung über das INRA, dass dieses Institut sich durch ein „erstaunlich hohes Resistenzpotenzial gegenüber politischer Steuerung“ auszeichnet (Krauss 1996, S. 166).

<sup>9</sup> Die nachfolgenden Abschnitte beziehen auf die Vorträge, die im Oktober 2006 auf der Tagung „Sciences, agriculture, alimentation et société en France au XXe siècle“ in Paris gehalten wurden. Sie berücksichtigen ebenfalls die Vorträge des Kolloquiums „L'amélioration des plantes, continuités et ruptures“ (Montpellier, Oktober 2002).

über die Agrarforschung ein, die bis heute anhält. Für diese Phase ist kennzeichnend, dass die Biotechnologie und mit ihr die Biologie (Molekularbiologie) und andere Grundlagendisziplinen wie Soziologie, Politikwissenschaften und Ökonomie das INRA eroberten. Die Ankunft der Grundlagendisziplinen war von dem Versprechen begleitet, „große Wissenschaft“ zu betreiben, nicht mehr rein anwendungsorientiert zu forschen und sich in der Agrarforschung nicht mehr darauf zu beschränken, zu prüfen, ob und wie sich Ergebnisse der Grundlagenforschung auf die Landwirtschaft übertragen lassen und welcher praktische Nutzen sich daraus für die Landwirtschaft ziehen lässt (vgl. Bonneuil & Thomas 2002). Weniger in der landwirtschaftlichen Beratung tätig sein, stattdessen mehr in International Reviewed Journals zu publizieren: Mit dieser Neuorientierung gab die Agrarforschung ihr bisheriges Selbstverständnis auf, für die Landwirte und die Landwirtschaft zu forschen. Dass dies gegen den Widerstand der Agrarforscher innerhalb des INRA geschah, ist nachvollziehbar. Jeder vierte Wissenschaftler, der von 1992–1997 eingestellt wurde, war Molekularbiologe (vgl. ebd. und Bonneuil & Thomas 2006). In den anderen Zweigen der Agrarforschung ging ebenfalls die Rekrutierung von Wissenschaftlern aus der eigenen Disziplin stark zurück.

Die wissenschaftliche Mission des INRA hat sich somit in den letzten Jahren immer stärker von einer anwendungsorientierten zu einer grundlagenorientierten Forschung transformiert. Damit ging einher, dass sich das INRA von seinen traditionellen Adressaten – den Bauern und den organisierten Agrarinteressen – entfernte und sich nunmehr zuvörderst an der Agenda des wissenschaftlichen Feldes orientierte und dort auch seine wichtigsten Adressaten sah. Man mag darüber spekulieren, ob die „Malaise des Agrarbereichs“ diese Umorientierung ausgelöst hat oder sie für die Forschenden die Gelegenheit bot, den lange gehegten Wunsch, sich stärker am wissenschaftlichen denn am agrarischen Feld zu orientieren, zu realisieren. Pierre Bourdieu spricht von einer Koinzidenz und lässt damit die Antwort auf die Frage nach der Ursache für diesen Wandel offen: „Certains des changements les plus caractéristiques de la politique scientifique, comme la mise en parenthèse de la mission finalisée de l’INRA et la volonté de transformer l’institut en organisme de recherche avancé, compétitif sur le plan international, ont coïncidé avec la crise de la légitimité de l’agriculture productive“ (Bourdieu 1997, S. 45). Die „reconnaissance inconditionnelle“, die den INRA-Forschern bis dahin vom agrarischen Milieu entgegen gebracht worden war, ging damit unwiederbringlich verloren (Bourdieu 1997, S. 46).<sup>10</sup> Das

---

<sup>10</sup> Neben den Inhalten dieser Analysen ist eigentlich viel bemerkenswerter, dass das INRA hoch renommierte Wissenschaftsforscher eingeladen hat, ihre Sicht der Umwälzungen der Agrarforschung darzustellen, also eine Reflektionsebene einzuziehen (z. B. Pierre Bourdieu 1997 und Bruno Latour 2001).

INRA hat die Herausforderung einer wissenschaftlichen Neuorientierung also angenommen und sich eindeutiger im wissenschaftlichen Feld positioniert. Damit hat die Agrarforschung jedoch die Herausforderung einer neuen gesellschaftlichen Kontextualisierung – der gesellschaftlichen Neuverhandlung – bis auf den Aspekt der zunehmenden Loslösung vom agrarischen Feld nicht beantwortet. So kann vermutlich auch eine eher grundlagenorientierte Agrarforschung den Folgen einer gewandelten gesellschaftlichen Wahrnehmung der landwirtschaftlichen Produktion und dem gewachsenen gesellschaftlichen Mitspracherecht bei der Forschung nicht ausweichen.

#### **4 Risse in der „iron triangle“ von Agrarwissenschaft, Agrarpolitik und landwirtschaftlichen Interessengruppen**

Kehren wir nun nach Deutschland zurück. Es soll im Folgenden nicht versucht werden, die Phasen der Agrarwissenschaft in Deutschland zu rekonstruieren, vielmehr wird das Augenmerk auf jene Aspekte gelegt, in denen sich die gesellschaftliche Neuverhandlung reflektiert. Bis in die späten 1960er Jahre waren die gesellschaftliche Bedeutung und die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit der Agrarforschung in Deutschland weitgehend unbestritten. Ihre Bedeutsamkeit begründete sich darauf, dass sie eine „unentbehrliche Grundlage und Hilfe“ für die Landwirtschaft bildete – so die DFG-Denkschrift von 1957 *Zur Lage der Landbauwissenschaft* (Massow 1957). Entsprechend wurde der Gegenstand der agrarwissenschaftlichen Forschung bestimmt: „Die Landbauwissenschaft befasst sich mit der Erforschung von Tatbeständen, Vorgängen und Zusammenhängen im Bereich der Landwirtschaft, die wissenschaftlicher Methodik zugänglich sind. [...] Sie prüft die Anwendbarkeit wissenschaftlicher Erkenntnisse auf die landwirtschaftliche Forschung.“ (ebd.: 1) Bereits diese Denkschrift räumte ein, dass „die Unabhängigkeit der Landbauwissenschaft ... oft schwer zu wahren“ ist, da ihre Vereinigung mit der Landwirtschaft „schnell zu Bindungen an die Sachverwalter und Interessenten in Staat, Landwirtschaft und Industrie“ führen kann (ebd.). Dementsprechend orientierte sich die Forschungsagenda der Agrarforschung direkt an den Leitgedanken der Agrarpolitik, antizipierte zukünftige Probleme der Landwirtschaft und bestimmte die Leitlinien der Agrarpolitik mit. Eindrückliches Beispiel dafür ist, dass in der ministeriellen Darstellung „Die Entwicklungslinien der landwirtschaftlichen Forschung in Deutschland“, welche die Geschichte der deutschen Agrarforschung vom Beginn der Neuzeit bis 1955 für die Bundesrepublik Deutschland abgehandelt, positiv hervorgehoben wurde, dass auch die agrarwissenschaftlichen Max-Planck-Institute sich den „konkreten Forschungsaufgaben des Bundesernährungsministeriums (widmen)“ (Tornow 1955, S. 281). Als weitere direkte Endabnehmer ihrer Forschungsergebnisse sah die Agrarforschung die Landwirte, somit kann man von einer Art Klientelforschung

sprechen. Nicht wenige qualifizierten deshalb die Agrarforschung als Sektorwissenschaft, die neben der Agrarpolitik und den organisierten Agrarinteressen eine Ecke des „iron triangle“ des primären Sektors bildet. Das Bild des „iron triangle“ soll verdeutlichen, dass Agrarwissenschaft, -politik und organisierte Agrarinteressen eng aufeinander bezogen sind und dass es sich um einen gegenüber anderen Sichtweisen und Interessen weitgehend abgeschlossenen Bereich handelt (vgl. Barlösius 1999).

Auch die DFG-Denkschrift von 2005 orientiert sich bei der Bestimmung ihrer Forschungsgegenstände an agrarpolitischen Vorgaben. So beginnt sie damit, dass die Definition von 1957 aus der Vorgängerschrift im Grundsatz noch immer zutreffe. Da sich jedoch das „Spektrum der Funktionen der Landwirtschaft beträchtlich erweitert habe“, befasse sich die Agrarwissenschaft heutzutage mit einer breiteren Themenpalette (DFG 2005, S. 5). Um diese zu umreißen, zitiert die Denkschrift ein „Grundsatzpapier zur gemeinsamen Agrarpolitik der EG-Kommission“ von 1991. In diesem legt die EU-Kommission fest, dass die Landwirtschaft neben der Nahrungsmittelproduktion auch „Funktionen für die Produktion von Industrie- und Energierohstoffen, die Erhaltung der Agrarlandschaften sowie die Erhaltung des sozialen Gefüges im ländlichen Raum“ besitze (ebd.). Gemäß dieser agrarpolitischen Ausweitung der Aufgaben habe sich „auch das Aufgabenfeld der Agrarwissenschaft erheblich verbreitert“ (ebd., S. 6). Die unmittelbare praktische Verwendbarkeit steht aber für die Agrarforschung noch immer an erster Stelle. Dies zeigt sich auch darin, dass in der DFG-Denkschrift, bei der es sich um eine Selbstdarstellung des Fachs handelt, der Abschnitt über die „Gesellschaftliche Relevanz der agrarwissenschaftlichen Forschung“ vor dem Kapitel über die „Merkmale der agrarwissenschaftlichen Forschung“ angeordnet ist, in welchem die methodischen, theoretischen Grundlagen dargestellt werden – also die Präsentation als eigenständige wissenschaftliche Disziplin erfolgt.

Die fachinterne Ausrichtung der Agrarforschung entlang agrarpolitischer Vorgaben ist somit weitgehend ungebrochen. Berücksichtigt man, dass es sich um eine von der DFG herausgegebene Selbstdarstellung der Agrarwissenschaft handelt und somit die grundlagenwissenschaftlichen Anteile im Vordergrund stehen sollten, frappiert es, wie stark sich die Agrarforschung noch immer auf agrarpolitische Leitlinien bezieht. Dies zeigt, dass sie sich von ihrem Grundverständnis her jedenfalls in weiten Teilen – pointiert ausgedrückt – mit dem agrarischen Feld mindestens so verbunden sieht wie mit dem wissenschaftlichen Feld.

Die „intime Partnerschaft“ (Nowotny 1999) von Agrarforschern, Agrarpolitikern und Repräsentanten von Agrarinteressen war für die Agrarwissenschaft, solange sich das agrarische Feld nicht im Fokus gesellschaftlicher und politischer Auseinandersetzungen befand, mutmaßlich von Vorteil, weil eine enge Beziehung zu den Abnehmern und Auftraggebern ihrer Forschung bestand. Allerdings wurde die enge Verbindung in dem Maße problematischer, wie der agrarische Sektor an wirtschaftlichem, gesell-

schaftlichem und politischem Einfluss verlor. Dieses hatte fast zwangsläufig zur Folge, dass auch die Agrarwissenschaft an Bedeutung einbüßte. Gerät zudem die Agrarpolitik in die Kritik, dann färbt auch das auf die Agrarwissenschaft ab. Dass das „iron triangle“ aufgebrochen ist, zumindest Risse aufweist, dafür gibt es einige Hinweise. Nur ein Indiz soll exemplarisch erwähnt werden: die Titulierung des zuständigen Bundesministeriums. Gegenwärtig heißt es Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) und wird je nachdem, welches Thema gerade behandelt wird, in der Presse als Ernährungs-, Landwirtschafts- oder Verbraucherministerium benannt. Geht es darum, dass das zuständige Ministerium überlegt, Lebensmittel mit Warnsignalen bezüglich ihres Gesundheitswertes zu versehen, spricht man von Ernährungsministerium, soll der Informationswert solcher Symbole für die Verbraucher überprüft werden, tituliert man es Verbraucherministerium, und beklagen sich schließlich die Zuckerrübenbauern darüber, dass dies zu Einkommensverlusten führt, adressiert man es als Landwirtschaftsministerium. Nicht nur, dass drei sehr unterschiedliche Politikfelder mit sehr widersprüchlichen Interessen in diesem Ministerium untergebracht sind, es ist auch „umkämpft“, welche Interessen an erster Stelle stehen sollen. Bei der Vorgängerregierung hieß das Ministerium BMVEL, Verbraucherschutz vorn, Ernährung in der Mitte und Landwirtschaft am Schluss. Von 1949 bis zum Jahr 2001 ressortierten in diesem Ministerium Landwirtschaft, Ernährung und Forsten, allgemein eingeführtes Kürzel war BML – Landwirtschaftsministerium.

Würde man diese Umbenennungen nur belächeln und unter dem Aspekt bewerten, wie viel Geld es verschlingt, die Briefköpfe und andere Beschilderungen jeweils zu aktualisieren, dann würde dies verkennen, welcher gesellschaftliche Kampf sich tatsächlich hinter diesen Umbenennungen verbirgt. Wer oder was steht an erster Stelle? Die Verbraucher, die Landwirtschaft oder die Ernährungssicherung und Lebensmittelsicherheit, wer bestimmt die politische Agenda, und – letztlich daran über mehrere Etappen gekoppelt – worüber soll die Agrarwissenschaft forschen? Darüber, wie „gesunde Lebensmittel“ produziert werden können, darüber, wie die deutsche Landwirtschaft wettbewerbsfähig werden kann, oder darüber, wie ökologische Standards eingehalten werden können? In der letzten Frage spiegelt sich eine neue gesellschaftliche Kontextualisierung der Agrarforschung wieder. Nicht mehr die traditionelle „iron triangle“ bestimmt weitgehend die Forschungsagenda, sondern neue Adressaten und Abnehmer sind hinzugekommen, die von der Agrarforschung eine veränderte Forschungsperspektive erwarten: Sie soll stärker als bisher die Anliegen der Verbraucher berücksichtigen und deren Konsumwünsche beachten, ökologische Fragestellungen integrieren und trotz allem die Interessen der Landwirtschaft nicht vernachlässigen.

## 5 Von der „iron triangle“ zu „mode 2“

In den meisten entwickelten Industrieländern ist seit etwa Mitte der 1970er Jahre zu beobachten, dass sowohl diese enge Verbindung von Agrarpolitik, Agrarinteressen und Agrarwissenschaft als auch die von ihnen betriebene praktische Ausrichtung der Landwirtschaft zunehmend gesellschaftlich kritisiert und nach anderen Formen der Landnutzung gesucht wird. Die Ökologie-Bewegung, der Ausbau der Umweltwissenschaften, aber auch die ökologische Landwirtschaft sind nur einige Beispiele dafür, dass neue Akteure, neue wissenschaftliche Betrachtungsweisen wie auch neue Formen der Landnutzung entstanden. Ähnliches gilt für die anderen bereits oben aufgezählten Themen wie Klimawandel, Zukunft ländlicher Räume, verändertes Gesundheitsbewusstsein, Risikowahrnehmung oder Bioökonomie und -technologie.

Sie beziehen sich zwar allesamt auf den Forschungsgegenstand der Agrarwissenschaften, allerdings stehen bei ihnen nicht mehr die herkömmliche Landwirtschaft und die Landwirte im Zentrum. Stattdessen dokumentieren sie einerseits, die Überzeugung, dass die agrarwissenschaftliche Forschung, die sich an den Landwirt richtet, zu Ende ist (vgl. Bonneuil & Thomas 2002). Andererseits sprengen sie die „intime Partnerschaft“ des „iron triangle“ und bedingen, dass bei der Neuverhandlung der Agrarforschung neue Akteure ein Mitspracherecht fordern. Diese bevorzugen andere Diskussionsarenen und streben danach, neue Kriterien und Rechtfertigungen für die Agrarforschung durchzusetzen. Seitdem ist die Agrarwissenschaft mit ihr fern stehenden Akteuren konfrontiert, hat es mit ungewohnten Diskussionsarenen zu tun und muss sich mit ihr unvertrauten Argumenten auseinandersetzen. Immer seltener kann sie sich auf die Interessen der Landwirtschaft berufen, um ihre Forschungsagenda als gemeinwohlorientiert darzustellen, stattdessen steht sie immer häufiger Umweltverbänden, Konsumentenorganisationen, möglichen „Opfern“ ihrer Forschung und protestierenden Anliegern ihrer Versuchsfelder gegenüber. Während zuvor die Agrarforschung von der für den Agrarbereich typischen „stillen Politik“ im „eisernen Dreieck“ profitierte, hat sie sich nunmehr mit der breiten Öffentlichkeit auseinanderzusetzen, sich mit juristischen Regelungen zu beschäftigen, gegen diese zu kämpfen, und trifft auf gesellschaftliche und politische Widerstände gegen die weitere öffentliche Finanzierung ihrer Forschung. Damit nicht genug: Für ihre Forschungsabsichten und -ergebnisse hat sie neue Rechtfertigungen zu ersinnen und diese gegenüber für sie bislang unbedeutenden Legitimitätskriterien wie Verbraucheranliegen und Konsumentenvorlieben zu vertreten.

Wissenschaftssoziologisch betrachtet kann man dies als Übergang der Agrarforschung zu einer „mode 2“-Wissenschaft qualifizieren. Charakteristisch für „mode 2“-Wissenschaften ist, dass neue Akteure an der Gestaltung von Wissenschaft partizipieren – zumindest ein Anhörungsrecht einfordern. Die Qualität und Relevanz der



Forschung wird nicht ausschließlich an wissenschaftsinternen Maßstäben, sondern vermehrt auch an gesellschaftlichen Vorstellungen und Orientierungen gemessen.<sup>11</sup> Auch an das wissenschaftliche Wissen werden neue Anforderungen gestellt: Es soll nicht nur wissenschaftlich gesichert sein, zusätzlich hat es sich als „sozial robustes Wissen“ (Nowotny) auszuweisen. Als „sozial robust“ wird solches Wissen qualifiziert, das von allen gesellschaftlichen Seiten akzeptiert wird und auf dessen Grundlage neue institutionelle Arrangements geschaffen werden können (Gisler et al. 2004). Dies setzt eine größere Transparenz voraus, weshalb die Wissensproduktion nicht abgeschottet und wissenschaftlich autonom, sondern gesellschaftlich kontextualisiert erfolgt. Das Schicksal einer „mode 2“-Wissenschaft teilt die Agrarforschung mit der Risikoforschung, den Umweltwissenschaften und vielen anderen Wissenschaften, die transdisziplinäre Kriterien zu erfüllen, sich also gegenüber gesellschaftlichen Erwartungen und Ansprüchen zu öffnen haben. Im Gegensatz zu der Annahme, dass „mode 1“- in „mode 2“-Wissenschaften transformiert werden, gilt für die Agrarforschung, dass deren Kontextualisierung sich gewandelt hat: von einer stark sektorbezogenen Forschung, insbesondere entlang agrarpolitischer und -ökonomischer Interessen, hin zu einer Wissenschaft, die sich mit verschiedensten gesellschaftlichen Akteuren mit unterschiedlichsten Sichtweisen auseinandersetzen hat. Ein Wandel der Wissensproduktion, wie üblicherweise beim Übergang von „mode 1“ zu „mode 2“, war dagegen weniger notwendig.<sup>12</sup>

An einem Beispiel soll veranschaulicht werden, mit welchen neuen Akteuren, Rechtfertigungen und Kontroversen die Agrarforschung seitdem konfrontiert ist. Die gesellschaftlichen Auseinandersetzungen über neue Agrartechnologien – aber nicht nur sie – wurden nach und nach in einen auf wissenschaftlicher Expertise basierenden Risikodiskurs überführt. In der englischsprachigen Literatur wird dies als „risification“ bezeichnet, weil nur solche Argumente in den Kontroversen über neue Forschungsmethoden und -technologien als legitim anerkannt werden, die mögliche Risiken wissenschaftlich bewerten – also scheinbar objektiv. „Through risification, actors come to regard risk as the most suitable frame for discussing arenas” (Heller 2002, S. 9). In diesen Diskussionsarenen können verschiedenste Belange und Bedenken angesprochen werden, sofern sie als Risiko formuliert sind. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die Ablehnung neuer Methoden und Techniken nur mit dem Hinweis auf mögliche Risiken erfolgen darf, auch wenn dieser Zurückweisung

---

<sup>11</sup> Literatur zu Mode 2: insb. Gibbons 1994; Nowotny 2004.

<sup>12</sup> Typisch für die „mode 1“ Wissenschaft sind eine klare Trennung zwischen wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Akteuren, akademische Autonomie und wissenschaftliche Rechtfertigungen der thematischen Auswahl und methodischen Entscheidungen etc.

ganz andere Überzeugungen zugrunde liegen wie ethische oder ökonomische Motive. Entsprechend begründen die neuen Akteure, mit denen sich die Agrarforschung auseinandersetzen hat, wie Greenpeace oder Food Watch, ihren Widerstand gegen neue Agrartechnologie mit dem Verweis auf bestehende Risiken.

Es geht in dieser Form der Neuverhandlung der Agrarforschung nicht nur um die praktische Anwendung und Umsetzung von Forschungsergebnissen. Verhandelt wird bereits über die Durchführung der Forschung, denn die neuen Akteure fordern immer vehementer ein Mitspracherecht darüber ein, was erforscht und mit welchen Methoden geforscht werden soll bzw. darf. Zwar hat die Agrarforschung schon in der Vergangenheit mit Blick auf die Abnehmer ihrer Ergebnisse – insbesondere die Landwirtschaft und die Agrarpolitik – geforscht, aber die Art und Weise, wie sich die neuen Akteure Gehör verschaffen und wie sie ihre Sichtweise durchsetzen, ist eine grundlegend andere. Außerdem sind gehäuft wechselnde Allianzen zwischen den verschiedenen Interessengruppen zu beobachten, beispielsweise Kleinbauern gemeinsam mit Greenpeace. Sich auf wechselnde Akteure, Abnehmer und Nachfrager einzustellen, besitzt die Agrarwissenschaft bislang wenig Erfahrung.

Durch die Ermutigung der Öffentlichkeit zu einem Mitspracherecht gerät die Wissenschaft fortgesetzt tiefer in den politischen Interessenausgleich (vgl. Nowotny 1999, S. 20 u. 52). Dies zwingt sie immer öfter dazu, in der Öffentlichkeit für sich selbst als Lobby aufzutreten: die Labore zu verlassen und sich dem breiten Publikum zu stellen. Der Anspruch auf Mitsprache ist – wie gesagt – keineswegs neu für die Agrarforschung, aber in der „iron triangle“ geschah dies typischerweise in Form einer „stillen Politik“. Dabei wurden die politischen und gesellschaftlichen Sichtweisen und Interessen im Agrarbereich weitgehend gleichgesetzt. Dies zeigt auch die Geschichte des INRA. Was Helga Nowotny ganz generell formuliert, traf somit auf die Agrarwissenschaft außerordentlich zu: „Die Gesellschaft oder die Öffentlichkeit ist nicht mehr gleichzusetzen mit ihrer politischen Repräsentation.“ (Nowotny 1999, S. 58). Dies erklärt, weshalb die Agrarforschung durch die Transformation zu einer „mode 2“-Wissenschaft ins Strudeln geraten ist.

Dass sich neue Akteure zu einem Mitspracherecht bei der Forschungsagenda ermutigt fühlen, lässt sich für viele Disziplinen beobachten, die Agrarforschung scheint davon aber in besonderer Weise betroffen. Die Gründe dafür sind, dass die „intime Partnerschaft“ von Wissenschaft, Politik und organisierten Interessen bei der Agrarforschung besonders stark ausgebildet war und gewiss auch heute noch ist. Wenn die Qualifizierung der Agrarwissenschaft als Sektorwissenschaft prinzipiell richtig ist, dann erklärt dies, warum sie in den Sog der Marginalisierung der „klassischen Agrarpolitik“ und „konventionellen Landwirtschaft“ geraten ist und deren zunehmend negative gesellschaftliche Bewertung, insbesondere von solchen sozialen Gruppen, die Meinungsführerschaft besitzen.

Das INRA hat einen anderen Weg genommen; es hat versucht, die Agrarforschung auf eine „mode 1“-Wissenschaft umzustellen und sich damit klar und eindeutig im Feld der Wissenschaft positioniert. Dazu hat es sich mit den verschiedenen agrarwissenschaftlichen Forschungsthemen eng an den Grundlagenwissenschaften orientiert. Ob es so gelingen kann, die Forschungsmethoden und -ergebnisse davor zu bewahren, dass sie in Form von wissenschaftlicher Expertise in den Strudel gesellschaftlicher Kontroversen gelangen, ist fraglich. Dies war jedoch auch nicht das primäre Motiv, die Forschung an dem INRA grundlagenorientierter auszurichten. Dort ging es darum, wissenschaftliche Reputation zu steigern, was ein geeignetes Instrument ist, den „epistemologischen Kern“ einer Wissenschaft hervorzuheben. Und dies wiederum bildet „die Legitimationsbasis für die Autonomie der Wissenschaften“ und begründet ihren Anspruch auf eine Institutionalisierung in relativer gesellschaftlicher Unabhängigkeit (vgl. Nowotny 1999, S. 31). Somit ist der von dem INRA beschrittene Weg eine Möglichkeit, wissenschaftliche Selbstgestaltungsmacht zu behalten oder gegebenenfalls zurückzugewinnen.

In Deutschland haben nur wenige agrarwissenschaftliche Einrichtungen sich bislang dazu durchgerungen, sich stärker grundlagenorientiert auszurichten und sich enger mit anderen Wissenschaften zu verflechten, um auf diese Weise nach mehr Anerkennung für ihre Forschung innerhalb des wissenschaftlichen Feldes zu suchen. Die Mehrzahl der Agrarfakultäten nimmt eine stärkere Verclustering mit anderen Wissenschaften als Bedrohung ihrer Eigenständigkeit wahr. Es fehlt an der Einsicht, dass sie über den Reputationsgewinn auf wissenschaftlichem Feld auch den Argwohn anderer Disziplinen abbauen könnten, dass es sich bei der Agrarwissenschaft um eine in sich abgeschottete Sektorwissenschaft handelt. Ob die Agrarforschung damit auch dem Anspruch auf gesellschaftliche Mitsprache und Neuverhandlung ausweichen könnte, ist eine andere Frage. Aber mehr Reputation innerhalb des wissenschaftlichen Feldes würde ihre wissenschaftspolitische Verhandlungsmacht stärken.

## Literatur

Barlösius, Eva & Claudia Neu (2001): Die Wildnis wagen? In: Berliner Debatte Initial 12, 6, S. 65–76.

Barlösius, Eva & Claudia Neu (2003): Scheitern als Vorbedingung zum Erfolg – der Wandel der ostdeutschen Landwirtschaft nach 1989. In: Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie (ZAA) 51, 2, S. 56–77.

Barlösius, Eva (1999): Soziologie des Essens. Eine sozial- und kulturwissenschaftliche Einführung in die Ernährungsforschung. Soziologische Grundlagentexte, Weinheim.

- Barlösius, Eva (1995): Wortüber forscht die deutsche Agrarsoziologie? In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialforschung 47, 2, S. 319–338.
- Bonneuil, Christophe & Frédéric Thomas (2002): Du maïs hybride aux OGM: un demi siècle de génétique et d'amélioration des plantes à INRA, Colloque „L'amélioration des plantes, continuités et ruptures“ Montpellier, Oktober 2002. <http://www.inra.fr/gap/vie-scientifique/animation/colloque-AP2002/index.htm>, 21.03.2007.
- Bonneuil, Christophe & Frédéric Thomas (2006): Les „phytogénéticiens au pouvoir, ou la genèse conjointe d'un cadre de régulation des semences et variétés, d' un Organisme de recherche (l'INRA) et d'un paradigme d'amélioration des plantes de la fin du XIXe siècle aux Trente glorieuses, Journée d'étude: Sciences, agriculture, alimentation et société en France au XIX siècle, Paris, 25 Octobre 2006.
- Bourdieu, Pierre (1997c): Les usages sociaux de la science. Paris: INRA.
- Cauderon, André (2002): L'INRA dans l'amélioration des plantes des «Trente Glorieuses» à la lumière des préoccupations actuelles, Colloque „L'amélioration des plantes, continuités et ruptures“ Montpellier, Oktober 2002. <http://www.inra.fr/gap/vie-scientifique/animation/colloque-AP2002/index.htm>, 21.03.2007.
- DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) (2005): Perspektiven der agrarwissenschaftlichen Forschung, Weinheim.
- Gibbons, Michael, Scott, Peter & Helga Nowotny (1994): New Production of Knowledge: Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies, London.
- Gisler, Priska, Guggenheim, Michael, Pohl, Christian & Helga Nowotny (Hg.) (2004): Imaginierte Laien. Die Macht der Vorstellung in wissenschaftlichen Expertisen, Weilerswist.
- Guggenheim, Michael (2005): Organisierte Umwelt. Umweltdienstleistungen zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik, Bielefeld.
- Heller, Chaia (2002): From scientific risk to paysan savoir-faire: Peasant Expertise in the French and Global Debate over GM Crops. In: Science as Culture Volume 11, Number 1, S. 5–38.
- Krauss, Gerhard (1996): Forschung im unitarischen Staat. Abhängigkeit und Autonomie der staatlich finanzierten Forschung in Frankreich, Frankfurt am Main.
- Latour, Bruno (2001): Le métier de chercheur. Regard d'un anthropologue, 2e édition revue et corrigée, Paris: INRA.
- Massow, Valentin von (1957): Denkschrift zur Lage der Landbauwissenschaft. Im Auftrage der Deutschen Forschungsgemeinschaft verfasst, Wiesbaden.
- Nowotny, Helga, Scott, Peter & Michael Gibbons (2004): Wissenschaft neu denken. Wissen und Öffentlichkeit in einem Zeitalter der Ungewissheit, Weilerswist.
- Nowotny, Helga, Scott, Peter & Michael Gibbons (2005): Wissenschaft neu denken. Wissen und Öffentlichkeit in einem Zeitalter der Ungewissheit, Weilerswist.
- Nowotny, Helga (1999): Es ist so. Es könnte auch anders sein, Frankfurt am Main.

- Rieger, Elmar (1995): Bauernopfer. Das Elend der europäischen Agrarpolitik, Frankfurt am Main.
- Roqueplo, Philippe (1997): Entre savoir et décision, l'expertise scientifique, Paris: INRA.
- Tornow, Werner (1955): Die Entwicklungslinien der landwirtschaftlichen Forschung in Deutschland unter besonderer Berücksichtigung ihrer institutionellen Formen, Hiltrup bei Münster.
- WR (Wissenschaftsrat) (2006): Empfehlungen zur Entwicklung der Agrarwissenschaften in Deutschland im Kontext benachbarter Fächer (Gartenbau-, Forst- und Ernährungswissenschaften), Drs. 7618–06.
- Zeitschrift für Agrargeschichte und -soziologie (2005): Agrarforschung im Nationalsozialismus, 53, 2.

Akademievorlesungen  
*Naturgeschichte der Freiheit*  
Sommersemester 2007



## Lässt sich die Entstehung von menschlicher Freiheit evolutionär erklären? Zum Problem der Stellung des Menschen in der Natur<sup>1</sup>

Die Frage nach der Freiheit beschäftigt die Menschen schon lange. Dabei wird der Begriff Freiheit jedoch auf unterschiedliche Weise gebraucht. In einem Sinne ist Freiheit die Möglichkeit zur Selbstbestimmung unabhängig von dem Willen eines anderen. In einem anderen Sinne ist Freiheit die Möglichkeit, bestimmte Handlungen aus einem Spektrum von Optionen seinem eigenen Wunsch gemäß umsetzen zu können. In wieder einer anderen Hinsicht besteht Freiheit darin, dass wir unseren eigenen Willen selbständig formen und dass wir bei dieser Herausbildung unseres eigenen Willens nicht festgelegt sind. Die verschiedenen Verwendungen des Wortes Freiheit deuten darauf hin, dass es sich bei der Freiheit um ein Phänomen handelt, das nicht nur schwer zu erklären, sondern auch nicht leicht zu beschreiben ist. Erkennbar wird dies auch durch die zahlreichen Verbindungen, die das Wort Freiheit eingehen kann: Es wird von Willens- und Handlungsfreiheit, Herrschafts- und Gedankenfreiheit, von Freiheitsgraden, Freiheitsstrafe und Ellenbogenfreiheit gesprochen.

In den Diskussionen der letzten Jahre wird ein besonderes Augenmerk auf die Frage nach der Willensfreiheit des Menschen gerichtet. Dabei soll geklärt werden, ob unser Wille selbst – also unser handlungsleitendes Wollen und die eigenständige Entscheidungsfähigkeit – durch bestimmte Faktoren festgelegt ist oder ob wir selbst diejenigen sind, die unseren Willen bestimmen. Das Problem der Willensfreiheit ist jedoch kein neues und die aktuellen Debatten können auf Positionen zurückgreifen, die schon in der Antike vertreten wurden. Moritz Schlick klagt im Jahr 1930 angesichts der anhaltenden Diskussionen über die Willensfreiheit darüber, dass immer noch „soviel Papier und Druckerschwärze an diese Sache verschwendet werden“ und erklärt das Problem insgesamt für eine überflüssige „Scheinfrage“ (Schlick 1930, S. 155). Dennoch ist es dem Menschen offenkundig immer wieder ein dringendes

---

<sup>1</sup> Vorliegende Einführung in die Thematik der Akademievorlesung im Sommersemester 2007 stellt eine gekürzte und überarbeitete Fassung von Heilinger (2007) dar.



Anliegen, sich mit der Frage nach der eigenen Freiheit, nach der Freiheit seines Willens und der Möglichkeit der Freiheit seiner Handlungen, auseinanderzusetzen. Gegenwärtig erfährt die Diskussion um die Freiheit des Willens eine Herausforderung durch die jüngeren Einsichten der Genetik und der Neurowissenschaften. Die Gene und die neuronalen Verschaltungen in unserem Gehirn seien – so heißt es – dafür verantwortlich, dass aufgrund ihrer naturgesetzmäßigen Organisiertheit und Determiniertheit das Verhalten und auch der verhaltenssteuernde Wille der Menschen durch Gene und neuronale Prozesse determiniert seien. Unser Bewusstsein, unser Wollen und unser Verhalten seien durch die in unserem Körper, insbesondere dem Gehirn, ablaufenden Prozesse getragen und festgelegt. Auf diese Weise wird die Möglichkeit tatsächlicher menschlicher Freiheit und Verantwortung infrage gestellt. Häufig wird in den Debatten von einer recht einfachen Dichotomie ausgegangen: Auf der einen Seite wird behauptet, dass durch die neuen Einsichten aus Genetik und Neurowissenschaften die Möglichkeit der menschlichen Freiheit insgesamt hinfällig geworden sei, während andererseits die Ansicht vertreten wird, dass sich in den neuen experimentellen Ergebnissen kein Widerspruch zur Möglichkeit menschlicher Freiheit erkennen lasse. Während die einen Freiheit als eine Illusion zu entlarven versuchen, halten die anderen dafür, dass die subjektive Überzeugung, frei wollen und handeln zu können, durch die neuen Einsichten nicht gefährdet sei.

Ausgehend von den Einsichten, die sich durch die neueren Untersuchungen und Experimente ergeben haben, wird bisweilen auch die Notwendigkeit eines neuen Menschenbildes gefordert. Wir seien nun, so heißt es, aus naturwissenschaftlichen Gründen genötigt, unsere „herkömmlichen Überzeugungen“ grundsätzlich zu hinterfragen und gegebenenfalls aufzugeben.<sup>2</sup> Doch hier besteht noch Klärungsbedarf, und schon die Fragen, was überhaupt genau ein Menschenbild ist und welches konkret unser herkömmliches Menschenbild ist, sind nicht eindeutig beantwortet. Die aktuellen Debatten haben bislang jedenfalls vor allem eines gezeigt: dass es dem Menschen immer noch ein Bedürfnis ist, Druckerschwärze für die ausführliche Diskussion dieser Frage zu verwenden. Ob die alte Frage nach der Möglichkeit und der Bestimmung menschlicher Freiheit damit ihrer Klärung näher gekommen ist, steht auf einem anderen Blatt.

Die in dieser Vorlesungsreihe versammelten Beiträge verstehen sich nicht als bloße Fortführung der Debatten der letzten Jahre, sondern versuchen darüber hinaus einen anderen Ansatz. Hier wird nicht von einer einfachen Dichotomie ausgegangen, die

---

<sup>2</sup> In Deutschland haben vor allem Gerhard Roth (2001, 2003) und Wolf Singer (2003) zu den Debatten beigetragen – vgl. dazu überblicksartig Gehring (2004). Die Diskussionen über die Freiheit des Willens, die auch in den Feuilletons geführt wurden, sind teilweise dokumentiert in Geyer (2004).

entweder radikal für oder radikal gegen die Möglichkeit von Freiheit argumentiert. Stattdessen wird ein methodischer Pluralismus erprobt, in dem besonderes Gewicht auf einer evolutionären Theorieperspektive liegt.<sup>3</sup> So kann ein gegebenes Phänomen – wie die menschliche, subjektive Erfahrung von Freiheit – als Ergebnis von Entwicklungen und Transformationen angesehen und verstanden werden. In diesem Licht erscheinen die radikal vorgebrachten Antworten, es gebe Freiheit, beziehungsweise es gebe sie nicht, zu einfach: Ungleich interessanter ist es, in phylo- wie ontogenetischer Hinsicht den Bedingungen, Elementen und (Vor-)Formen dessen nachzugehen, was wir Menschen subjektiv als Freiheit erfahren und leben können. Insgesamt können damit auch – entgegen einer einfachen Dichotomie – verschiedene Grade von Freiheit anerkannt werden.

Damit wird die Debatte um die menschliche Freiheit in den Kontext des Lebendigen und in den umfassenden Zusammenhang der Natur eingeordnet. Wenn es Freiheit gibt, muss gezeigt werden können, wie sie sich unter den Bedingungen der Natur entwickelt hat und wie sie unter den Gesetzmäßigkeiten der Natur bestehen kann. Gelingt es, die Eigenständigkeit lebendiger Systeme in ihrer spezifischen Gesetzmäßigkeit genauer zu fassen, wäre es in der Folge möglich, die Selbstorganisation des Lebendigen mit der Selbstbestimmung gesellschaftlich handelnder Personen behutsam zu parallelisieren. Auf diesem Wege kann eine Annäherung biologischer und sozialer Beschreibungsverfahren erzielt werden. So ließe sich die (sich stets in sozialer Selbstbestimmung äußernde) menschliche Freiheit als eine irreduzibel komplexe Form lebendigen Verhaltens ausweisen. Damit hätte die Freiheit einen Ort in der Evolution des Lebens. Das Ergebnis einer solchen Untersuchung ließe sich dann als „Naturgeschichte der Freiheit“ bezeichnen.

Darauf abzielend sind die hier versammelten Beiträge von einer besonderen Breite.<sup>4</sup> Der jüngste Streit über die menschliche Willensfreiheit wurde im Wesentlichen zwischen Neurowissenschaftlern und Philosophen, gelegentlich auch unter Einbeziehung von Juristen und Theologen ausgefochten. Aus der systematischen Perspektive einer „naturgeschichtlichen“ Betrachtung erweist sich aber die Beschäftigung mit verschiedenen Entwicklungsstufen des Lebens, die über die Auseinandersetzung mit dem menschlichen Gehirn hinausgeht, als fruchtbar und notwendig. Sie kann nicht allein von den Neurowissenschaften geleistet werden. So wird hier – neben den wichtigen Beiträgen aus der Neurobiologie, den Kognitionswissenschaften und der Philosophie

---

<sup>3</sup> Mit Blick auf die Evolution des Bewusstseins hat Merlin Donald einen ähnlichen Versuch unternommen (Donald 2002). Untersuchungen zur Evolution der Freiheit finden sich außerdem bei Daniel Dennett (bes. Dennett 2003).

<sup>4</sup> Über die hier dokumentierten Vorträge im Rahmen der Akademievorlesung hinausgehend beziehe ich mich auf die Abhandlungen in Heilinger (2007).

– ein besonderes Augenmerk auf Formen der Verhaltenssteuerung und Entscheidung bei „niederen“ Organismen und (nicht-menschlichen) Tieren gelegt. Dies ist mit der Überzeugung verbunden, etwas über die Entwicklung menschlicher Fähigkeiten in Erfahrung bringen zu können. Allerdings wird nicht allein die naturwissenschaftliche Grundlage des Phänomens Freiheit erläutert, es werden vielmehr auch Überlegungen über die sozialen und kulturellen Kontexte und Bedingungen von Freiheit in die Diskussion einbezogen. Auf diese Weise soll die enge Fokussierung auf ein vermutetes Primat der Neurowissenschaften zur Erklärung der Willensfreiheit aufgebrochen werden. Der „Tyrannei des Mikroskopischen“<sup>5</sup> wird so der größere Zusammenhang der Natur gegenübergestellt.

Damit bietet die hier in einer Auswahl dokumentierte Debatte keine Wiederholung geführter Diskussionen über die menschliche Willensfreiheit. Die vorliegenden Texte der Akademievorlesung sind auch nicht als Kommentar zu älteren Gedanken zu verstehen, sondern sie ordnen die Freiheitsfrage in einen neuen, wesentlich erweiterten Kontext ein. Angelegt ist die Frage nach einer „Naturgeschichte der Freiheit“ als ein Beitrag zu einem umfassenden Verständnis von Freiheit – im Rahmen der Natur und nicht im Gegensatz zu ihr. Das übergreifende Ziel der Arbeit an einer Naturgeschichte der Freiheit besteht darin, etwas zur Verständigung über die Stellung des Menschen im Zusammenhang der Natur beizusteuern, indem die Erkenntnisse verschiedener Wissenschaften in Bezug auf ihre Bedeutung für den Menschen analysiert, kritisch hinterfragt und substantiell ausgewertet werden. Dem Anliegen der Arbeitsgruppe „Humanprojekt“ gemäß – nämlich angesichts der neuen Erkenntnisse der Wissenschaften die Stellung des Menschen in der Natur zu bestimmen – ist die Beschäftigung mit der Naturgeschichte der Freiheit somit ein erster Schritt.

## Freiheit als Problem

Die Verständigung darüber, was als Freiheit bezeichnet werden soll, stellt die erste wichtige und keineswegs einfache Herausforderung disziplinärer wie interdisziplinärer Arbeit dar. Die vielfältige Verwendung des Begriffs in unterschiedlichen Kontexten – genannt wurden schon Willens- und Handlungsfreiheit, Herrschafts- und Gedankenfreiheit, Freiheitsgrade etc. – zeigt dies deutlich an. Zugleich lässt sich erkennen, dass Freiheit in einem starken, auf Menschen anwendbaren Sinn kein genuiner Begriff der Naturwissenschaften ist. Einige grundlegende Unterscheidungen werden hier vorgestellt, um in das Problem einzuführen, auch wenn die Debatten

---

<sup>5</sup> John Dupré spricht von einer „tyranny of the microscopic“ und argumentiert vehement gegen einen „imperialistic scientism“ (Dupré 2001, S. 109).

mittlerweile einen Komplexitätsgrad erreicht haben, der jede Übersicht verkürzt erscheinen lässt.

Eine erste Unterscheidung innerhalb der philosophischen Debatten über die menschliche Freiheit liegt darin, dass die *Handlungsfreiheit* von der *Willensfreiheit* geschieden wird. Diese Abgrenzung ist deshalb besonders wichtig, weil sich hier häufig Verwechslungen auftun. Handlungsfreiheit besteht, kurz gesagt, darin, dass wir – frei – tun können, was wir tun wollen, wohingegen Willensfreiheit sich darin äußern soll, dass wir auch unser eigenes Wollen frei bestimmen können. Diese Unterscheidung ist seit langem im Umlauf, wird aber trotzdem immer wieder missachtet. Beide Formen der menschlichen Freiheit seien hier kurz gesondert eingeführt und diskutiert.

Handlungsfreiheit betrifft die natürliche und soziale Umwelt des Individuums. Ob ein Individuum eine bestimmte Handlung ausführen kann oder nicht, ob die Lebenswelt dem Individuum Widerstand und Hindernis ist oder stattdessen eine bestimmte Handlung erlaubt oder sogar unterstützt, ist eine Frage der Handlungsfreiheit. So ist eine Gefangene per definitionem nicht handlungsfrei zu gehen, wohin sie möchte. So bin ich auch nicht handlungsfrei in meiner Handlungsabsicht, Berge zu versetzen oder mich unsichtbar zu machen. Handlungsfreiheit ist also in besonderem Maße situations- und kontextabhängig und betrifft damit die Strukturen der Realität, die uns umgibt, in sozialer, materialer und logischer Hinsicht.

Die Willensfreiheit hingegen betrifft nicht die Ebene der das Individuum umgebenden Realität, sondern das Individuum selbst. Die Frage, ob der Mensch Willensfreiheit hat, lässt sich unabhängig davon beantworten, ob der Mensch in einem engen Gefängnis gehalten wird und mit seiner Handlungsabsicht, Berge zu versetzen, an Grenzen stößt. Vielmehr geht es um die Frage, ob der Wille selbst – also das handlungsleitende Wollen sowie die Entscheidungsfähigkeit – frei oder innerhalb bestimmter Grenzen festgelegt und determiniert ist, so dass unser subjektives Empfinden von Freiheit lediglich eine Illusion darstellt.

Die aktuellen Debatten über die Freiheit des menschlichen Willens gehen von einer bestimmten Interpretation neuerer Erkenntnisse der Naturwissenschaften aus, die als Herausforderung für die Existenz von menschlicher Willensfreiheit angesehen wird. Diese beruht auf der heute weitgehend unstrittigen Einsicht, dass mentale Zustände auf materialen (Gehirn-) Zuständen basieren. Die Herausforderung für die menschliche Willensfreiheit ergibt sich dann aus zwei einander scheinbar widersprechenden Aussagen:

1. Das menschliche Wollen ist nicht festgelegt, sondern wird vom Wollenden selbst bestimmt.
2. Das menschliche Wollen basiert auf Gehirnzuständen, und das Gehirn ist Teil der naturgesetzmäßig bestimmten (determinierten) Welt.

Die beiden Aussagen werden in einen Gegensatz zueinander gebracht: Wenn Naturgesetzmäßigkeiten die Abläufe im Gehirn steuern, gebe es keinen Raum mehr für die Selbstbestimmung, die Autonomie und die subjektive Verantwortung des Individuums. Das subjektive Gefühl der Freiheit ist in diesem Verständnis bestenfalls eine Illusion.

Exemplarisch verdeutlicht wird dies zumeist anhand der von Benjamin Libet erstmals bereits im Jahr 1983 publizierten Experimente.<sup>6</sup> Libet untersuchte die zeitlichen Verhältnisse zwischen (1) dem Moment, in dem sich ein Individuum für eine Bewegung entschied (hier das Drücken eines Knopfes), (2) der Zeitdauer der Übermittlung des Nervensignals vom Gehirn an die Muskeln und (3) dem Zeitpunkt, zu dem die Bewegung ausgeführt wurde. Während man intuitiv wohl den Ablauf der drei Elemente in der genannten Reihenfolge erwarten würde, konnte Libet zeigen, dass bereits vor dem subjektiv erlebten Moment der Entscheidung für eine Handlung die Übermittlung des Nervensignals vom Gehirn schon vorbereitet und eingeleitet worden war. Die gemessenen Hirnaktivitäten (das sogenannte Bereitschaftspotential) gingen dem subjektiv gewährten Willensentschluss im Durchschnitt um ca. 300 Millisekunden voraus.

In einer die Debatten dominierenden Interpretation der Libet-Experimente werden diese immer wieder herangezogen, um die subjektiv erfahrene Freiheit als eine Illusion darzustellen und damit die Möglichkeit menschlicher Freiheit insgesamt zu bezweifeln. Wenn das Gehirn unabhängig vom Bewusstsein schon vor der bewusst getroffenen Willensentscheidung eine Handlung eingeleitet habe, so lautet die vorherrschende Interpretation dieser Experimente, könne unmöglich der eigene Willensentschluss die Ursache der Handlung sein. Diese Experimente könnten daher zeigen, so wird weiter behauptet, dass die bewusste Entscheidung für eine Handlung an der Auslösung der Handlung nicht beteiligt sei, sondern diese lediglich begleite.<sup>7</sup> Weil im Gehirn aber alles „mit rechten Dingen“ zugehe, also gemäß den Naturgesetzen, zeige dies deutlich, dass das Gefühl von menschlicher Freiheit lediglich eine Illusion darstelle.

Doch die Verteidiger der Freiheit haben Gegenargumente gegen diese Deutung der Libet-Experimente vorgebracht, die insgesamt die These von der Unvereinbarkeit menschlicher Freiheit mit naturgesetzmäßigen Zusammenhängen infrage stellen. Damit wird keineswegs die Gültigkeit der Experimente und der naturwissenschaft-

---

<sup>6</sup> Vgl. dazu Libet et al. (1983) und Libet (1985, 2005).

<sup>7</sup> Libet räumt dem Bewusstsein allerdings eine Art „Veto-Funktion“ ein, eine vom Gehirn eingeleitete Handlung noch zu stoppen. Damit wird deutlich, dass Libets eigene Interpretation seiner Experimente nicht auf eine grundlegende Leugnung der Willensfreiheit abzielt.

lichen Untersuchungen bezweifelt. Diese sind nicht unbedingt falsch, vermutlich aber schlichtweg unvollständig zur Untersuchung der menschlichen Freiheit. Diese Vermutung basiert auf dem Zweifel daran, dass eine derart einfache Versuchsanordnung etwas so Komplexes wie die Freiheit auf angemessene Weise untersuchen kann. Im Folgenden werden kurz vier Klassen von Gegenargumenten angesprochen. Diese kritisieren die Versuchsanordnungen und einfachen Interpretationen der Versuchsergebnisse und zielen damit darauf ab zu zeigen, wie menschliche Freiheit gerade unter den Bedingungen der Natur und ihrer Gesetzmäßigkeit möglich ist und sich wirklich entwickeln konnte.

- a) *Was ist ein Naturgesetz, wie (streng) gelten Naturgesetze?* Naturgesetze werden heute selbst von Physikern nicht mehr als unumstößliche ewige Zwänge angesehen, sondern gelten lediglich unter ceteris-paribus-Bedingungen und als Probabilitätsgesetze.<sup>8</sup> So zeigt etwa das sogenannte Drei-Körper-Problem, dass selbst eine recht einfache Versuchsanordnung keine präzisen Vorhersagen über zukünftige Zustände des Systems erlaubt. Schon damit kann die Möglichkeit einer einfachen gesetzmäßigen Bestimmung und Determination menschlichen Verhaltens ausgeschlossen werden.
- b) *Lassen sich lebendige Organismen unter gesetzmäßige Beschreibungen fassen oder verlangt das Leben nach einer anderen Beschreibungsweise?* Für Organismen, selbst für einfache Organismen, lassen sich die Ausgangsbedingungen gar nicht herstellen, die für eine einheitlich gesetzmäßige Bestimmung der ablaufenden Vorgänge notwendig wären. In einem Organismus sind Ursache und Wirkung aufgrund des hyperkomplexen Zusammenspiels vielfältigster Abläufe gar nicht hinreichend voneinander zu unterscheiden, um die Rede von einer einfachen Verursachung zu rechtfertigen.<sup>9</sup> Lebendiges verfügt über eine Eigen-dynamik, über Spielräume variabler Reaktion, die sich in Selbstorganisation und Spontaneität Ausdruck verleiht.<sup>10</sup>

---

<sup>8</sup> Nancy Cartwright (1983) hat überzeugend dafür argumentiert, dass einfache physikalische Gesetze – beispielsweise das Gesetz der Gravitation – nur unter strengen ceteris-paribus-Bedingungen zutreffen. Diese Bedingung ist jedoch nicht erfüllbar. Also sind wir weit davon entfernt, die universelle Wahrheit dieser physikalischen Gesetze anzuerkennen, vielmehr erweisen sie sich – wie Cartwright pointiert feststellt – generell als falsch. Fundamentale theoretische Gesetze treffen bestenfalls auf Modelle zu. Vgl. zur Diskussion dieser Ansicht im Zusammenhang von Handeln und Verursachen Keil, 2000. Zur Diskussion über den Status von Naturgesetzen vgl. Hampe (2005).

<sup>9</sup> Auch die Rede von der „causal completeness“ stellt hier keine angemessene Alternative dar. Vgl. dazu Dupré 2001, S. 154–187.

<sup>10</sup> Vgl. dazu Gerhardt 1999, S. 148–186 und Dupré 2001, S. 13.

- c) *In welchem Zeitrahmen finden freie menschliche Willensentscheidungen statt?* Genuine menschliche Entscheidungen, über deren Freiheit wir befinden wollen, finden nicht innerhalb von Sekunden oder Millisekunden statt, sondern innerhalb von Minuten, Stunden oder noch längeren Zeiträumen. Die Reduktion einer komplexen menschlichen Entscheidungskette auf ein einzelnes Glied entspricht zwar den in Laboratorien untersuchbaren Einheiten, ist jedoch der Komplexität menschlichen Handelns und Verhaltens schlichtweg nicht angemessen.<sup>11</sup>
- d) *Was genau untersuchen die Libet-Experimente?* Insgesamt muss sogar bezweifelt werden, ob mit der gesamten Versuchsanordnung Libets tatsächlich etwas über den *freien Willen* in Erfahrung gebracht werden kann. Die Ausführung einer Handlung (das Drücken eines Knopfes) in dem Moment, wenn eine Person „den Drang“ („the urge“) dazu verspürt – diese Formulierung findet sich bei Libet –, ist schließlich gerade keine Handlung aufgrund einer freien Willensentscheidung. Tatsächliche willentliche Handlungen basieren nicht auf einem empfundenen Drang, sondern auf Gründen.<sup>12</sup> Hier scheint ein grundlegendes Missverständnis vorzuliegen, was überhaupt mit „Wille“ gemeint sein kann. Die Reduzierung des Willens auf den „Drang“ (dessen zeitliches Auftreten im Experiment gemessen und in Bezug zum Auftreten des Bereitschaftspotentials und zur Ausführung der Handlung gesetzt wird) verfehlt jedenfalls das grundlegende Problem. Man könnte also vermuten, dass die einzige Handlung, in der die Freiheit oder Unfreiheit des Willens der Versuchsteilnehmer zum Ausdruck kommen konnte, darin bestand, an dem Experiment überhaupt teilzunehmen.

Trotz dieser Kritikpunkte hat sich im Anschluss an die Libet-Experimente und ihre neueren Wiederholungen<sup>13</sup> eine fruchtbare Debatte entsponnen, die Erkenntnisse über diejenigen Abläufe im Gehirn zutage gefördert hat, die bei der Handlungs- und Verhaltenssteuerung eine Rolle spielen. Die Beweiskraft der Experimente muss jedoch kritisch beurteilt werden: Für eine definitive Widerlegung der Willensfreiheit sind sie ungeeignet. Das Problem der Freiheit – das ergibt sich aus dem bisher Gesagten – lässt sich nicht auf einzelne Abläufe im Gehirn, wie etwa das experimentell untersuchte Bereitschaftspotential, herunterbrechen. Bei einer angemessenen Untersuchung des Phänomens muss daher stets der Kontext eines funktionstüchtigen

---

<sup>11</sup> Anschauliche Beispiele finden sich in der Literatur. Bieri (2001) diskutiert das Freiheitsproblem etwa anhand des Protagonisten aus Dostojewskis „Verbrechen und Strafe“, Raskolnikow. Vgl. auch Donald 2002, S. 46–91.

<sup>12</sup> Die Ansicht, dass in den Libet-Experimenten Gründe nicht gemessen würden, vertritt auch Lutz Wingert (2004).

<sup>13</sup> Die neueren Wiederholungen der Libet-Experimente durch Haggard & Eimer (1999), wurden viel diskutiert.

Systemzusammenhangs berücksichtigt werden. Zwischen der Scylla der Determination und der Charybdis der Zufälligkeit hindurch wird nach Abläufen in der Natur zu suchen sein, die – unter den Bedingungen der Natur – lebendigen Organismen Spielräume eröffnen, innerhalb derer sie sich aus eigenem Impuls verhalten können. Sollten sich solche finden lassen, wäre damit auch ein Verständnis von menschlicher Freiheit als Selbstbestimmung aufgrund eigener Gründe ohne Widerspruch zum Ganzen der Natur verständlich. Mit der Kritik an den Libet-Experimenten wurde jedoch noch keine positive Argumentation *für* eine solche Möglichkeit von (menschlicher) Freiheit geliefert. Diese soll mit der Rekonstruktion einer Naturgeschichte der Freiheit, die die Bedingungen des Lebens berücksichtigt, versucht werden.

## Naturgeschichte und Geschichte der Natur

Der Begriff *Naturgeschichte* ist kein geläufiger Terminus in den Debatten über die Freiheit des menschlichen Willens. Daher muss erklärt werden, in welcher Hinsicht er hier verwendet wird. Mit Blick auf den üblichen Gebrauch des Begriffs Naturgeschichte lassen sich zwei Aspekte erkennen, die für unsere Vorgehensweise von Belang sind (Kambartel 1984). Zum einen versteht man unter Naturgeschichte die Entwicklung der Phänomene, die als Natur bezeichnet werden. Auch wenn der Begriff der Natur seinerseits facettenreich und notorisch schwer zu definieren ist,<sup>14</sup> lassen sich darunter weitgehend unkontrovers in einem umfassenden Sinne der Kosmos, die Erde und das Leben fassen, deren Entstehung und Entwicklung aus der Perspektive der Naturgeschichte untersucht werden. Besondere Aufmerksamkeit erfährt in diesem Zusammenhang die Entwicklung des Lebens auf der Erde, dessen Naturgeschichte seit Darwin als Evolution bezeichnet werden kann. Dieser erste Aspekt stellt somit die Entwicklungsdimension der Natur in den Mittelpunkt.

Der zweite Aspekt des Begriffs Naturgeschichte ist heute geläufig, wenn man an die Museen für Naturgeschichte oder Naturkunde wie etwa das Londoner *Natural History Museum* denkt. Hierunter verbergen sich vor allem klassifizierende Sammlungen, die die zahlreichen Phänomene, die sich in der Natur finden lassen, ordnen und vorstellen. Selbst wenn der Biologie – mit Botanik und Zoologie – eine prominente Stellung in diesem Zusammenhang zugesprochen werden kann, beteiligten sich auch zahlreiche andere Disziplinen an diesem Geschäft: Geologie, Mineralogie, Paläontologie, aber auch Astronomie und Physik. Dieser zweite Aspekt des Begriffs Naturgeschichte basiert auf einer langen Tradition, die sich auf den ursprünglichen griechischen Gebrauch des Wortes *στορία* (*historia*) zurückführen lässt. Dieser stand

---

<sup>14</sup> Die Probleme, die mit der Definition des Begriffs der Natur und dem Konzept der Natürlichkeit verbunden sind, behandelt Birnbacher (2006).



nämlich weniger für eine Darstellung der in der Zeit geordneten Abläufe und Entwicklungen, sondern vielmehr für die bloße Beschreibung, die Sammlung und das Berichten von Phänomenen. Dabei spielten Begründungen und Erklärungen eine gänzlich untergeordnete Rolle.<sup>15</sup>

Diese beiden Aspekte des Begriffs Naturgeschichte zeigen in ihrer sachlichen Zusammengehörigkeit an, in welche Richtung auch unser Vorhaben zielt: Mit der Absicht, die Entwicklung und die tatsächliche Bestimmung eines ausgezeichneten menschlichen Charakteristikums – das wir am eigenen Leib erfahren und als Freiheit bezeichnen – zu verstehen, werden daher in methodischer Hinsicht phänomen-nahe differenzierte Beschreibungen ebendieser Entwicklung in ihren verschiedenen Stadien herangezogen. In der Überzeugung, dass der Mensch auch mit seinen besonderen Eigenschaften ein lebendiges Naturwesen unter anderen lebendigen Wesen ist, ist mit der Betrachtung der Entwicklung des Lebendigen die Hoffnung auf mögliche Erklärungen spezifisch menschlicher Eigenschaften verbunden.

## Naturgeschichte der Freiheit

Der methodische Ausgangspunkt einer derart verstandenen Naturgeschichte ermöglicht es, die Debatten über die Freiheit des Willens aus dem Korsett neurowissenschaftlicher Experimente zu befreien, die häufig auf einem zu engen Verständnis der Beweiskraft von Kausalerklärungen beruhen.<sup>16</sup> Schließlich wird mit der Freiheit ein Phänomen untersucht, das gar nicht isoliert betrachtet werden kann, sondern nur unter Berücksichtigung eines ganzen Organismus, der sich in einer sozialen und natürlichen Umwelt orientieren und verhalten muss, überhaupt angemessen beschrieben werden kann.<sup>17</sup> Die Blickerweiterung auf den Kontext – den physischen Organis-

---

<sup>15</sup> Vgl. die voluminöse „*Historia naturalis*“ von Plinius d. Ä., entstanden um 79 n. Chr., eine eindrucksvolle Sammlung und Zusammenfassung des naturwissenschaftlichen Wissens der Antike mit enzyklopädischem Anspruch (Plinius d. Ä., *Hist. nat.*).

<sup>16</sup> Gegen ein solches Verständnis von Kausalerklärungen vertritt Dupré – im Anschluss an Cartwright (1983) – überzeugend die These: „a reasonable metaphysics of causality presents no special difficulties for the idea of human autonomy“ (Dupré 2001, S. 177).

<sup>17</sup> Auch innerhalb der Neuro- und Kognitionswissenschaften gewinnt die Einsicht an Bedeutung, dass eine rein computationale Analyse der im Gehirn ablaufenden Prozesse unzureichend ist. So wird die Auseinandersetzung mit dem Konzept *embodied embedded cognition* (EEC) zunehmend wichtiger – aufschlussreich dazu Anderson (2003, 2007, i. Ersch). Wenn sich diese Einsicht nun auch auf der Ebene der neuronalen Prozesse durchsetzt, gilt sie umso mehr für den ganzen Menschen: Ausgehend von „the fundamental biological fact that *Homo sapiens* is a social animal“ führt Dupré aus: „the causal capacities most characteristically and uniquely human are capacities that derive not solely

mus als Kontext der neuronalen Abläufe und die soziale wie physische Umwelt als Kontext des interagierenden Organismus – erlaubt „in naturgeschichtlicher Absicht“ eine differenziertere Auseinandersetzung mit dem Phänomen Freiheit: Freiheit wird nicht allein im menschlichen Gehirn gesucht, sondern die Umstände und Bedingungen, die Freiheit allererst ermöglichen, werden auch dort aufgespürt und untersucht, wo sie noch nicht in der weiter entwickelten Form menschlicher Freiheit vorliegen. Freiheit in diesem Sinne bezieht sich somit weniger auf die Möglichkeit, dass ein Individuum auch anders hätte handeln können. Vielmehr geht es hier um die Möglichkeit von Autonomie, verstanden als diejenige Form von Selbstbestimmung, die es erlaubt, ein handelndes Individuum (den „Agent“) in einem starken Sinn als Urheber einer Handlung anzusehen.

Der Mensch als ein lebendiges und soziales Wesen wird dementsprechend seine Freiheit nicht durch Analysen des Gehirns allein verstehen lernen, sondern – wenn überhaupt – nur durch transdisziplinäre Untersuchungen, die einen Bogen vom Gehirn als einem Organ eines ganzen Organismus, der in Kontexte eingebunden ist, hin zu psychologischen und historisch-soziologischen Analysen spannen. Dies erklärt, warum auf der Suche nach einer Naturgeschichte der Freiheit auch schon evolutionäre Entwicklungsschritte der Phylognese des Menschen in den Blick zu nehmen sind, etwa indem im Tierreich oder bei anderen Erscheinungen von Lebendigem nach Elementen und Bedingungen von Freiheit gesucht wird. Damit ist eine Konzeption von Freiheit angestrebt, die davon ausgeht, dass Freiheit nicht unabhängig von der Umwelt in absoluter Reinform vorliegen kann, sondern ein graduierbares Phänomen ist, dessen Grade jedoch – auch empirisch – untersucht und bestimmt werden können.<sup>18</sup> In gewisser Hinsicht ließe sich vorsichtig von einer Art „Baustein-Theorie“ der Freiheit reden, wobei jedoch zu betonen ist, dass sich in jedem Organismus der Grad seiner Freiheit nicht allein aus der additiven Zusammenführung seiner Teile erklären lässt. Selbst wenn Elemente der Freiheit individuell erkannt werden können, bedarf es immer des Zusammenspiels derselben in einem komplexen Organismus, der auf vielfältige Weise mit seiner Umwelt interagiert. Doch zum Verständnis der stärker ausgeprägten Formen von Freiheit ist es erhellend, die weniger ausgeprägten Formen und ihre zugrundeliegenden und ermöglichenden Elemente zu untersuchen.

---

from the internal structure of humans, or human brains, but that depend essentially on the relationship between an individual and society“ (Dupré 2001, S. 181).

<sup>18</sup> Dies gilt nicht nur für die Sphäre der Natur, sondern insbesondere für die lebensweltliche Sphäre menschlichen Handelns: „Wir sind [...] in unseren lebensweltlichen Zuschreibungen von Rationalität, Freiheit und Verantwortung Gradualisten, es gibt ein Mehr oder Weniger an Rationalität, Freiheit und Verantwortung.“ (Nida-Rümelin 2005, S. 186).

Dieser Ansatz rechtfertigt, ja erzwingt ein vielfältiges Vorgehen und integriert unterschiedliche Methoden. Begriffliche Analysen, etwa solcher Termini wie „Ursache“, „Grund“ und „Motiv“, helfen, Klarheit über den Untersuchungsgegenstand zu erlangen. Studien mit Primaten oder anderen Lebewesen tragen dazu bei, das Zusammenspiel verschiedener Faktoren in einem Organismus – auf materialer und kognitiv-mentaler Ebene – zu untersuchen. Und auch die Untersuchung einzelner Zellen, die etwa in neuronalen Netzen organisiert sind, oder die Betrachtung der Abläufe innerhalb einzelner Zellen vermögen zur Klärung des Untersuchungsgegenstandes beizutragen. Mit der Naturgeschichte der Freiheit wird jedoch insgesamt gegen jede mögliche Bevorzugung einer einzigen Vorgehensweise argumentiert und darauf hingewiesen, dass erst unter Einbeziehung aller genannten Perspektiven eine den Phänomenen angemessene Untersuchung überhaupt möglich ist. Das Problem der Freiheit lässt sich nicht alleine in den Domänen der Philosophie oder der Naturwissenschaften verorten, es übergreift alle Disziplinengrenzen. Freiheit betrifft den Menschen als Ganzen und berührt damit alle Wissenschaften, die für das Selbstverständnis des Menschen von Bedeutung sind. Der Versuch der Rekonstruktion einer Naturgeschichte der Freiheit stellt somit ein umfassendes und interdisziplinäres Unterfangen dar, zu dem hier ein Beitrag geleistet werden soll.

Der methodisch angemessene, weitere Blick, der hier mit dem Stichwort ‘Naturgeschichte’ bezeichnet werden soll, betrachtet Freiheit als ein Phänomen, das sich entwickelt hat und das über mentale wie materiale Dimensionen gleichermaßen verfügt. Damit werden sowohl dualistische als auch monistische oder reduktionistisch orientierte Positionen abgelehnt. Naturalisierungsversuche sind durchaus heuristisch angebracht und tragen viel zum Verständnis bei – freilich dürfen dabei keine relevanten Differenzierungen gänzlich verloren gehen. Die Grenzen des Naturalismus liegen im „Aufweis der Irreduzibilität bestimmter semantischer Gehalte“ (Keil 1993, S. 15). Tatsächliches Verstehen eines humanen Phänomens, etwa der Freiheit, kommt in dieser Hinsicht nicht um einen epistemologischen Perspektivenpluralismus umhin, der die mentale und die materiale, aber auch die soziale und kulturelle Dimension gleichermaßen in den Blick zu nehmen vermag. So kann die offenkundig eigene Dynamik des Lebendigen, und insbesondere diejenige der menschlichen Existenz, akzeptiert und adäquat analysiert werden. Somit besteht auch kein bisweilen vermuteter Widerspruch zwischen Naturalismus und Humanismus.<sup>19</sup> Vielmehr kann mit Blick auf das spezifisch Menschliche die Stellung des Menschen in der Natur untersucht und bestimmt werden.

---

<sup>19</sup> Darauf hat auch Nida-Rümelin deutlich hingewiesen (2006, bes. S. 28–35).

## Bibliographie

- Anderson, Michael L. (2003): Embodied Cognition: A Field Guide. In: Artificial Intelligence 149, S. 91–130.
- Anderson, Michael L. (2007, i. Ersch.): How to Study the Mind: An Introduction to Embodied Cognition. In: Santoianni, Flavia & Claudia Sabatano (Hg.), Brain Development in Learning Environments: Embodied and Perceptual Advancements, London: Cambridge Scholars Press.
- Bieri, Peter (2001): Das Handwerk der Freiheit. Über die Entdeckung des eigenen Willens, München, Wien: Hanser.
- Birnbacher, Dieter (2006): Natürlichkeit, Berlin, New York: de Gruyter.
- Cartwright, Nancy (1983): How the Laws of Physics Lie, Oxford: Oxford University Press.
- Donald, Merlin (2002): A Mind so Rare. The Evolution of Human Consciousness, New York: Norton.
- Dupré, John (2001): Human Nature and the Limits of Science, Oxford: Oxford University Press.
- Gehring, Petra (2004): Es blinkt, es denkt. Die bildgebenden und die weltbildgebenden Verfahren der Neurowissenschaft. In: Philosophische Rundschau 51, S. 273–293.
- Gerhardt, Volker (1999): Selbstbestimmung. Das Prinzip der Individualität, Stuttgart: Reclam.
- Geyer, Christian (Hg.) (2004): Hirnforschung und Willensfreiheit. Zur Deutung der neuesten Experimente, Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Haggard, Patrick & Martin Eimer (1999): On the Relation Between Brain Potentials and the Awareness of Voluntary Movements. In: Experimental Brain Research 126, S. 128–133.
- Hampe, Michael (Hg.) (2005): Naturgesetze, Paderborn: Mentis.
- Heilinger, Jan-Christoph (2007): Einleitung: Naturgeschichte der Freiheit. In: Heilinger, Jan-Christoph (Hg.), Naturgeschichte der Freiheit, Berlin, New York 2007, S. 1–25.
- Kambartel, Friedrich (1984): Artikel „Naturgeschichte“. In: Ritter, Joachim (Hg.): Historisches Wörterbuch der Philosophie, Bd. 6, Basel: Schwabe, Sp. 526–527.
- Keil, Geert (1993): Kritik des Naturalismus, Berlin, New York: de Gruyter.
- Keil, Geert (2000): Handeln und Verursachen. Frankfurt am Main: Klostermann.
- Libet, Benjamin (1985): Unconscious Cerebral Initiative and the Role of Conscious Will in Voluntary Action. In: The Behavioral and Brain Sciences VII, S. 529–539.
- Libet, Benjamin (2005): Mind Time. Wie das Gehirn Bewusstsein produziert, Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Libet, Benjamin, Gleason, Curtis A., Wright, Elwood W. & Dennis K. Pearle (1983): Time of Conscious Intention to Act in Relation to Onset of Cerebral Activities (Readiness Potential): The Unconscious Initiation of a Freely Voluntary Act. In: Brain 106, S. 623–642.
- Nida-Rümelin, Julian (2005): Über menschliche Freiheit, Stuttgart: Reclam.

- Nida-Rümelin, Julian (2006): Humanismus als Leitkultur. Ein Perspektivenwechsel, München: C. H. Beck.
- Plinius der Ältere (Hist. nat.): Naturkunde (lateinisch-deutsch). Hrsg. und übersetzt von Roderich König, Darmstadt 1973–2004: Heimeran.
- Roth, Gerhard (2001): Fühlen, Denken, Handeln. Wie das Gehirn unser Verhalten steuert, Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Roth, Gerhard (2003): Aus Sicht des Gehirns, Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Schlick, Moritz (1930): Wann ist der Mensch verantwortlich? In: Schlick, Moritz, Fragen der Ethik, Frankfurt a am Main: Suhrkamp, 1984, S. 155–166.
- Singer, Wolf (2003): Ein neues Menschenbild? Gespräche über Hirnforschung, Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Wingert, Lutz (2004): Gründe zählen. Über einige Schwierigkeiten mit dem Bionaturalismus. In: Geyer, Christian (Hg.), Hirnforschung und Willensfreiheit. Zur Deutung der neuesten Experimente, Frankfurt am Main: Suhrkamp, S. 194–204.

## Freiheit und Kausalität<sup>1</sup>

Bevor ich mit meinen Ausführungen zur Möglichkeit menschlicher Freiheit in einer kausal determinierten Welt beginne, möchte ich zwei Vorbemerkungen machen: Dieses Thema ist eines der ältesten der Philosophie, da es Fragen aufwirft, bei denen Selbstbild und Weltbild des Menschen zu kollidieren scheinen. Weil es unsere alltägliche Sicht auf die Dinge radikal herausfordert, ist es historisch unzutreffend, erst die moderne Naturwissenschaft für das Aufkommen dieses Themas verantwortlich zu machen – eine Interpretation, die allerdings seit Isaac Newton üblich geworden ist. Tatsächlich findet sich aber eine erste und in meinen Augen – soweit man dies aufgrund der spärlichen Quellenlage beurteilen kann – sehr niveauvolle Bearbeitung des Themas bereits in der Stoa.<sup>2</sup> Denn diese setzte sich schon mit der Frage auseinander, wie die Vorstellung eines vernünftig geordneten Weltganzen, in dem der Logos alles bestimmt, mit der Idee menschlicher Verantwortung vereinbar sei für das, was für uns zugänglich ist und unserer Kontrolle unterliegt (ein Sachverhalt, den die Stoiker mit *eph' hēmin* beschrieben und der sich am einfachsten mit dem englischen *up to us* übersetzen lässt). Tatsächlich hat der Stoiker Chrysipp im Grunde eine Position vorweg genommen, die in der gegenwärtigen Debatte sehr prominent diskutiert wird; denn Chrysipp vertritt den Standpunkt, dass man die Frage nach der Willensfreiheit aufgeben und durch Bedingungen der Autonomie ersetzen sollte. Die zweite Vorbemerkung ist eher methodologischer Art: Viele der alten Themen der Philosophie, aber auch der zeitgenössischen Wissenschaftsphilosophie sind dadurch gekennzeichnet, dass sich zwei Grundpositionen unversöhnlich gegenüber stehen, wobei in unterschiedlichen Wellen mal die eine, mal die andere Position Oberwasser gewinnt, aber keine wirklich den Sieg davonträgt. Das andauernde Ringen zwischen

---

<sup>1</sup> Dieser Text ist die redigierte Tonband-Mitschrift der frei gehaltenen Akademievorlesung am 12. April 2007 an der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Redaktion: Christine Bratu, M.A., Universität München.

<sup>2</sup> Vgl. Hans von Arnim (Hg.): *Stoicorum veterum fragmenta*, Bd. 3: *Chrysippi fragmenta moralia*. *Fragmenta successorum Chrysippi*, Leipzig 1903.

Idealismus und Materialismus ist hierfür ein Beispiel. Obwohl viele meiner Kolleginnen und Kollegen aus der Philosophie widersprechen würden, vermute ich für einen Großteil dieser Fälle, dass beide antagonistischen Positionen zu einem gewissen Teil Recht haben. Es kann nicht sein, dass so intelligente Leute sich über Jahrhunderte fundamental irren – ein Teil der Wahrheit muss sich auf beiden Seiten verbergen. Daher ist meine metaphilosophische Vermutung, dass Antworten auf philosophische Grundkonflikte hybrid sein müssen, um tragfähig zu sein. Hegelianisch formuliert müssen sie das Problem in einem guten Sinne aufheben, so dass sich beide Positionen in der Antwort wiederfinden. Diese Ansicht ist weder gleichbedeutend mit Eklektizismus, noch suggeriert sie, dass man möglichst viel integrieren sollte. Vielmehr bringt sie zum Ausdruck, dass man die Argumente, die vorgebracht wurden, so ernst wie möglich nehmen sollte. Medientechnisch hat diese Ansicht allerdings einen großen Nachteil: Denn hybride Antworten verwirren. Und in der von Explizitheit geprägten US-amerikanischen intellektuellen Kultur wird man sofort mit der Frage konfrontiert, auf welcher Seite man stehe: Bist du nun Libertarier oder Non-Libertarier, Kompatibilist oder Non-Kompatibilist usw.? Und die Antwort, dass die eigene Position in keine dieser Schubladen passt und auch nicht passen will, ist für einige schwer zu ertragen. Diesen vermeintlichen Nachteil zeitigt auch mein eigenes Buch über Freiheit<sup>3</sup>: Denn es entwickelt eine hybride Position, die nicht ohne weiteres in die vorhandenen Schubladen einzuordnen ist.

Ursprünglich hatte ich vor, in den nachfolgenden Überlegungen meine eigene Position zur Frage menschlicher Freiheit knapp darzulegen und zur Diskussion zu stellen. Mittlerweile bin ich von diesem Vorhaben abgekommen, aus einem Grund, der im erwähnten Buch unter der Überschrift *Entscheidung und Kausalität* verhandelt wird: „Wie verhält sich Freiheit zu Kausalität? Beziehungsweise wie lässt sich die – notwendig freie, wie wir gesehen haben – Entscheidung mit dem Anspruch umfassender kausaler Erklärbarkeit aller Ereignisse in Einklang bringen? Oder muss das ‘universelle Kausalprinzip’, von dem z. B. Max Planck sprach, bei diesem Typus von Ereignissen, nämlich menschlichem Handeln, aufgegeben werden? Stehen wir hier vor einer nicht mehr überschreitbaren Grenze kausaler Erklärbarkeit und damit vor einer Grenze wissenschaftlicher Analyse? Es wird uns erwartungsgemäß nicht gelingen, diese Frage befriedigend und abschließend zu beantworten. Sie vollständig auszuklammern, erschien mir jedoch unredlich. Ich hoffe lediglich einige verbreitete Irrtümer und Konfusionen klären zu können, die die Debatte um diese Frage, die sowohl für unser Selbstbild als auch für das wissenschaftliche Weltbild fundamental ist, belasten.“<sup>4</sup> Die nachfolgenden Überlegungen stellen den Versuch dar, über das Zitierte hinauszugehen und weitere Antworten zu liefern.

---

<sup>3</sup> Vgl. Julian Nida-Rümelin: *Über menschliche Freiheit*, Stuttgart 2005.

<sup>4</sup> Ebenda, S. 69.

Diese Antworten möchte ich in vier Schritten darlegen: In einer ersten, sehr allgemeinen Überlegung (I) möchte ich den Konflikt zwischen Selbstbild und Weltbild umschreiben und einen *common sense*-Dualismus stark machen. Daran anschließend will ich in einem zweiten Schritt eine Position darstellen, die ich als *humanistische Perspektive* bezeichne (II). Diese ist eine Interpretation des Freiheits-Begriffs – das heißt eine Antwort auf die Frage, was Freiheit eigentlich ist. Hierbei wird deutlich werden, dass nach meinem Verständnis Gründe eine zentrale Rolle für unseren Freiheitsbegriff spielen. In einem dritten Schritt werde ich mich der Frage widmen, wie der dargelegte Freiheitsbegriff mit dem der Kausalität zusammenhängt (III). Dabei werde ich über die Ausführungen in meinem Buch hinausgehen und das Thema der Kausalität genauer analysieren. Denn seit meinen ersten Erfahrungen in der Wissenschaftstheorie bei Wolfgang Stegmüller hat sich die Debatte um den Kausalitätsbegriff deutlich weiterentwickelt, und der zeitgenössischen Philosophie und Wissenschaftstheorie muss vorgeworfen werden, dass sie die innerphilosophischen Klärungen, die in der Zwischenzeit stattgefunden haben, nicht in den natur- und sozialwissenschaftlichen Disziplinen publik gemacht haben. Dies ist meiner Ansicht nach ein schwerwiegendes Versäumnis, da es doch Aufgabe der Philosophie sein sollte, ihre Ergebnisse zu vermitteln und aufzuzeigen, inwiefern ihre Resultate für die einzelwissenschaftliche Forschung relevant sind. In den nachfolgenden Ausführungen kann natürlich nicht alles nachgeholt werden, was an Vermittlung in den letzten Jahrzehnten versäumt wurde; dennoch ist das Ziel, wenigstens in Grundzügen nachzuzeichnen, welche unterschiedlichen Paradigmen und Interpretationen von Kausalität es gibt und welche Relevanz diese für unsere Thematik haben. In einem vierten und letzten Schritt möchte ich schließlich versuchen, diese beiden Perspektiven – die humanistische, die auf Gründe, sowie die naturalistische, die auf Realursachen fokussiert ist – zu integrieren (IV); dies soll aber nur insoweit geschehen, als dies ohne eine Einbuße an Präzision möglich ist.

## I

Um das Spannungsverhältnis zwischen Selbstbild und Weltbild darzustellen, möchte ich zunächst eine geistesgeschichtliche Anmerkung vorausschicken. So ist bemerkenswert, dass sich bereits die antike griechische Philosophie in immer wieder neuen Anläufen mit dem Verhältnis von *nomō* – gemäß menschlicher Setzung – und *physei* – gemäß der Natur – befasst hat. Das heißt, immer wieder wurde neu verhandelt, wie im Bereich der zwischenmenschlichen Relationen das Verhältnis zu verstehen sei zwischen dem, was menschliche Setzung ist – sei es in Gestalt von Gesetzen oder von Institutionen, von Riten, Gebräuchen, Lebensformen etc. –, und dem, was durch die Natur vorgegeben ist. Diesen Gegensatz zwischen von Natur Gegebenem



und menschlicher Setzung sollte man nicht als den zwischen Natur und Kultur auslegen, weil dadurch der Setzungscharakter, der den Griechen offensichtlich so wichtig war, teilweise verloren zu gehen droht. Denn für viele ist Kultur eher das Ererbte, das Tradierte, das Weitergegebene als das von Menschen frei Gesetzte. Auch aktuelle tierethologische Befunde verwenden den Kulturbegriff auf diese, vom Aspekt der menschlichen Setzung ablenkende Weise, indem sie Kultur als das Ausschöpfen natürlicher Spielräume auffassen. Illustriert wird diese begriffliche Festlegung am Beispiel des *Osmia*-Weibchens, bei dem unterschiedliche Populationen leichte Varianzen darin zeigen, wie sie ihre Nester bauen. Diese Varianzen scheinen nicht genetisch fixiert zu sein, weil genetische Varianz viel zu langsam arbeitet, um die bestehenden Unterschiede erklären zu können. Daher deuten Ethologen den Umstand der Varianz so, dass die unterschiedlichen Populationen den natürlich gegebenen Rahmen des Nestbauens kulturell bedingt unterschiedlich ausgestaltet haben. Da man *Osmia*-Weibchen wohl kaum die Fähigkeit zum *nomos*, also zur Setzung zuschreiben würde, wird der Kultur-Begriff durch eine solche Verwendung näher an den der Natur gerückt. Insofern verschiebt eine Diskussion um Kultur vs. Natur den Fokus der darzustellenden Debatte. Obwohl mein Vorgänger im Amt des Kulturstaaatsministers seine gesammelten Reden unter dem Titel *Kultur als schönste Form der Freiheit* veröffentlicht hat, soll hier eine Engführung von Kultur und freier Setzung vermieden werden, da der Kultur-Begriff eben auch unfreiheitliche, eher an die Natur gemahnende Konnotationen hat.

Um die Überlegung zu fokussieren, möchte ich zwei Perspektiven unterscheiden, die uns im Folgenden beschäftigen werden und die jeder von uns an sich selbst beobachten kann: Wenn man sich über das seltsame Verhalten einer Person – insbesondere im sozialen Nahbereich, also unter Familienmitgliedern, Freunden oder Kollegen – ärgert, dann sucht man nach den Ursachen dieses abwegigen Verhaltens. Gewissermaßen tendieren wir also zu einer objektivistischen, naturwissenschaftlichen, um nicht zu sagen ethologischen Betrachtungsweise, und dies umso mehr, je abwegiger uns das Verhalten der betreffenden Person erscheint. Bei uns selbst und unserem eigenen Verhalten sprechen wir dagegen nur selten von Ursachen, sondern vielmehr von den *Gründen*, die wir für ein bestimmtes Verhalten gehabt haben. Denn als rationale Wesen haben wir natürlich Gründe für das, was wir tun, so dass man nicht nach Ursachen forschen muss. In unserer Lebenswelt klaffen demnach die Erste-Person-Perspektive und die Dritte-Person-Perspektive auseinander, wenn es um die Erklärung von Handlungen und Verhaltensweisen geht.

Manche Denker, wie beispielsweise Immanuel Kant oder der Physiker Max Planck, haben diese Beobachtung ihren theoretischen Überlegungen zum menschlichen Handeln zugrunde gelegt. So meint etwa Planck, dass in der Dritte-Person-Perspektive eine vollständige naturwissenschaftliche Erklärung menschlichen Verhaltens – das

heißt jeder Verhaltensweise jedes menschlichen Individuums zu jedem Zeitpunkt – grundsätzlich möglich sei; in der Erste-Person-Perspektive sei dies dagegen nicht zu leisten, weil der Ich-Perspektive die für eine vollständige Erklärung notwendigen Informationen fehlten. Diese Vorstellung scheint mir nun gar nicht überzeugend zu sein: Warum sollten gerade mir selbst die wesentlichen Informationen über mein Verhalten systematisch abgehen, die dritte Personen anscheinend über mich haben? Warum sollte es nicht vielmehr umgekehrt sein, dass ich über einige Informationen über mich verfüge, die Dritte grundsätzlich nicht haben können? Wieso sollte nicht nach wie vor gelten, was man in der philosophischen Tradition bis zum Aufkommen der analytischen Philosophie als Introspektion bezeichnet hat – das heißt die Annahme, dass das Individuum über einen privilegierten Zugang zu sich selbst verfügt? Die Erklärung, die Planck für die unterschiedlichen Erklärungsmuster für Handlungen anführt – dass wir nämlich in der Er-Perspektive Kausalanalysen erstellen, für die uns in der Ich-Perspektive schlicht die notwendigen Informationen fehlen –, ist zwar beliebt, kann aber intuitiv nicht überzeugen.

Eine andere Position der zeitgenössischen Philosophie, die auf die Herausforderung der beiden unterschiedlichen Perspektiven antworten will, hält eine recht brutale Lösung parat: So behauptet die Zwei-Aspekte- beziehungsweise die Zwei-Sprachebenen-Theorie (die zwar nicht identisch, aber doch relativ ähnlich sind), dass wir, wenn wir Verhalten erklären, auf einer anderen Sprachebene operieren, als wenn wir die Gründe erwägen, die für eine Handlung sprechen. Zwischen diesen beiden Sprachebenen, beziehungsweise zwischen der Darstellung dieser beiden Aspekte kommt es an sich nicht zu Konflikten – man muss nur darauf achten, die Sprachebenen nicht zu verwechseln, beziehungsweise die unterschiedlichen Aspekte nicht zu vermengen. So haben die Menschen – unter einem gewissen Aspekt betrachtet und auf einer bestimmten Sprachebene dargestellt – natürlich Absichten, Wünsche, Hoffnungen etc. Auf dieser Sprachebene und unter diesem Aspekt kann man auch sinnvoll davon sprechen, dass Menschen mit ihren Handlungen Recht oder Unrecht begangen haben, das heißt man kann menschliches Handeln sinnvoll bewerten. Aber darüber hinaus sind menschliche Handlungen – unter einem anderen Aspekt betrachtet und auf einer anderen sprachlichen Ebene verhandelt – durchaus legitime Gegenstände der wissenschaftlichen Kausalanalyse, und auf dieser Ebene kommen Begriffe wie „Absicht“, „Wunsch“ oder „Unrecht“ schlicht nicht vor.

Eine ähnliche (auch ähnlich grobe) Form des Dualismus, der allerdings nicht linguistisch, also auf Sprachebenen zielend, sondern ontologisch ist, stellt die Unterscheidung zwischen phänomenalem und noumenalem Ich bei Kant dar, so wie sie in der *Kritik der reinen Vernunft* dargelegt ist. So ist das phänomenale Ich grundsätzlich einer Kausalerklärung zugänglich, während sich das noumenale Ich, das heißt das Vernunft- und damit Gründe-bezogene Ich nicht in dieser Kategorie erfassen

lässt. Die Freiheit des Menschen besteht für Kant nur in der Freiheit des noumenalen Ichs, wohingegen es im Reich der Kausalität, das heißt im Reich der Natur, keine wirkliche Freiheit geben kann. Nach Kant stehen sich also ein universelles Kausalprinzip und somit ein Reich der kausalen Notwendigkeit und der Naturgesetze einerseits und andererseits ein Reich der Freiheit im Sinne der handelnden Person, die sich selbst Maximen gibt, diese auf ihre Universalisierbarkeit überprüfen und nach ihnen handeln kann, gegenüber.

Schon auf den ersten Blick muss dieser Dualismus erstaunen; ich will nun aber ein Argument dafür liefern, wieso dieser Befund auch auf den zweiten Blick nicht überzeugen kann. Das heißt ich möchte darlegen, wieso der beschriebene Dualismus weder in der kantischen Variante noch in der *ordinary-language*-Philosophie tragfähig ist. Grundsätzlich besagen beide Ansätze Folgendes: Zum einen besteht die Möglichkeit einer naturwissenschaftlichen, kausalen Analyse, die den von außen objektiv beobachtbaren Verhaltensprozess einer Person ohne Rest prognostizieren kann und in der von Gründen, Wünschen, Hoffnungen sowie von Recht und Unrecht nicht die Rede ist. Jede dieser Prognosen soll aber zum anderen mit der Freiheit der analysierten Person vereinbar sein – da sich die Frage nach der Freiheit auf der Sprachebene der wissenschaftlichen Analyse gar nicht gestellt hat. Dies scheint mir nicht zuzutreffen, denn Handlungen haben immer zwei Aspekte: einen äußeren Aspekt, also den Verhaltensaspekt, der grundsätzlich Teil der physikalischen Welt ist, und einen inneren Aspekt, der mit Intentionen, mit Wünschen, mit Überzeugungen zusammenhängt. Wenn der äußere Aspekt nun Gegenstand vollständiger naturwissenschaftlicher Prognostizierbarkeit wäre, dann geriete dies in Konflikt mit unseren *common sense*-Überzeugungen, denn diese besagen, dass es für eine Handlung relevant ist, was für Abwägungen ich vornehme, welche Wünsche und Überzeugungen ich habe etc. Die Zwei-Ebenen-Theorie ist demnach mit fundamentalen lebensweltlichen Überzeugungen unvereinbar – und dies gilt nicht nur für den Ansatz Kants, sondern auch für den Malcolms und anderer *ordinary language*-Philosophen.<sup>5</sup>

In einem zweiten Schritt möchte ich das bisher Gesagte zuspitzen und zwar auf eine Art und Weise, die für die aktuelle Debatte typisch ist. Allerdings sei vorweg bereits angemerkt, dass diese Zuspitzung seltsam ist, da sie einen vollständigen Determinismus der Welt voraussetzt – obwohl doch spätestens seit Ende der zwanziger Jahre die Grundlagendisziplin der Naturwissenschaft, die Quantenmechanik, probabilistisch und nicht mehr deterministisch ist. Doch ohne diese Veränderung zu berücksichtigen, spitzt sich der dargestellte Dualismus zu der Frage zu, wie individuelle Freiheit, das heißt die Freiheit des Akteurs, vereinbar sein soll mit dem universellen Determinismus allen Geschehens in der Welt. Dieser universelle Determinismus soll natürlich auch alle menschlichen Verhaltensereignisse einschließen – das heißt

---

<sup>5</sup> Vgl. z. B. Norman Malcolm/D. M. Armstrong: *Consciousness and Causality*, Oxford 1984.

alle Sachverhalte, dass sich Menschen in der einen und nicht in einer anderen Weise verhalten haben. Hierbei wird „Verhalten“ als *terminus technicus* verwendet, Verhalten im Sinne eines potentiellen Gegenstandes der naturwissenschaftlichen Analyse, als ein raumzeitlicher, letztlich mit physikalischen Mitteln beschreibbarer Vorgang in der Welt.

Der Konflikt, der sich zwischen universellem Determinismus und menschlicher Freiheit ergibt, ist – wie bereits in der Vorbemerkung angedeutet – sehr alt und lässt sich in den folgenden sechs Stationen nachzeichnen. Die erste Station dieses Konfliktes stellt die Stoa dar – wobei dies zugegebenermaßen etwas eurozentristisch gedacht ist, da es in Buddhismus und Hinduismus schon früher Auseinandersetzungen mit diesem Thema gegeben hat. Eine zweite Station ist die Theodizee-Problematik, die im Mittelalter ausgiebig verhandelt wurde. Zum dritten Mal wird die Freiheitsfrage durch die klassische Physik aufgeworfen – wobei es mir unklar erscheint, ob Newton selbst in der Interpretation seiner eigenen Theorie so weit gegangen wäre, wie es im Anschluss an ihn einige Newtonianer versuchten. Denn diese verstanden Newtons Theorie nicht als auf bestimmte Entitäten beschränkt – etwa auf Kugeln, die man anstößt, oder auf Federwagen, an die man Gewichte hängt, oder Ähnliches; sondern sie fassten Newtons Theorie als ein umfassendes Weltinterpretationsmodell auf, nach welchem die Welt aus Massepunkchen besteht, zwischen denen Gravitations- und andere Wechselwirkungen auftreten und deren Bahnen, das heißt deren Ortsfunktion in der Zeit, durch diese Wechselwirkungen vollständig determiniert sind. Wenn aber die ganze Welt als eine Ansammlung von  $n$  solchen Massepunkten gedacht werden muss; und wenn zudem die Newtonschen Gesetze bekannt sind; und wenn wir schließlich über eine einmalige vollständige Beschreibung des Ortes und der Impulse der einzelnen Teilchen verfügen sowie über deren Wechselwirkungen zueinander – so reicht dies im Prinzip aus, um den Weltverlauf all dieser Massepunkte zu jedem Zeitpunkt präzise anzugeben, sowohl für die Gegenwart, als auch für alle Zukunft. Natürlich würde die Wissenschaft bei einem solchen Unterfangen an ihre Grenzen stoßen, da hierfür weder genug Papier noch Rechnerkapazitäten zur Verfügung gestellt werden könnten. Dennoch scheint sich – wenn man von diesem kontingenten Mangel an Ressourcen einmal absieht – aus der Newtonschen Physik der berühmte Laplacesche Dämon in naturwissenschaftlicher Gestalt zu ergeben. Viele haben daher die klassische Physik als eine Herausforderung für die Freiheitsintuitionen des Menschen verstanden, denn letztlich sei der Mensch ja auch nichts anderes als ein Komplex von Masseteilchen.

Als eine Herausforderung ähnlichen Typs wurde der Darwinismus angesehen, selbst wenn es nicht immer ganz klar ist, worin die Herausforderung eigentlich bestehen soll. Aber gemeint war wohl häufig eine umfassende Determination des Verhaltens von Lebewesen aufgrund biologischer Gesetzmäßigkeiten. Gemäß dieser Auffassung

ist der Mensch – qua Lebewesen – durch biologische Vorgaben und genetische Programme in seinem Verhalten vollständig determiniert. In seiner gesellschaftswissenschaftlichen Ausprägung, das heißt im Sozialdarwinismus, hat diese Position eine verheerende Rolle in der Politik insbesondere des späten 19. und frühen 20. Jahrhunderts gespielt.

Die fünfte Station stellt die szientistische Variante des Marxismus dar, welche in ähnlicher Weise glaubte, das Phänomen individueller Freiheit und damit auch individueller Verantwortung als eine Chimäre zu entlarven, die in einer wirklich wissenschaftlichen Analyse der Gesellschaft keinen Ort habe: Zwar hätte der Einzelne den Eindruck, frei zu handeln, aber in Wirklichkeit sei jeder nur Agent seiner Klasseninteressen, sodass sich seine vermeintliche Freiheit letztlich nur als Illusion erweise. Vor allem amerikanische Hollywood-Autoren haben auch die Psychoanalyse, insbesondere Freud, in ähnlicher Art und Weise interpretiert. Diese Interpretation hat allerdings mit Freud selbst wenig zu tun, da es diesem ja um die Stärke des Ichs ging, welches sich gegen Über-Ich und Es behaupten soll. Da die Relevanz der Marxschen Theorie heutzutage nicht mehr ohne weiteres erkannt wird, sei noch – ein wenig boshaft – erwähnt, dass es zwischen Marxismus und liberalistischer ökonomischer Theorie enge Zusammenhänge gibt. Nicht nur, dass der wichtigste Theoretiker, auf den sich Marx bezieht, der große liberale Ökonom David Ricardo war; vielmehr gehen sowohl die liberalistische ökonomische Theorie als auch der Marxismus davon aus, dass sich das Verhalten des Einzelnen präzise durch ökonomische Gesetzmäßigkeiten beschreiben lässt. Obwohl die moderne neoklassische Ökonomie eine am methodologischen Individualismus orientierte Theorie ist (und somit das genaue Gegenteil des Marxismus, der eine kollektivistische Theorie verkörpert), ähneln sich die beiden Ansätze in ihren Ansichten zur Möglichkeit menschlicher Freiheit. Die letzte Welle der Herausforderung gegen unsere Freiheitsintuitionen stellt schließlich die moderne Neurophysiologie dar. Welche Implikationen sich aus deren jüngsten Forschungen für das intuitive Freiheitsverständnis des Menschen ergeben, versucht das *Humanprojekt* der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften zu klären.

Nach dieser kurzen Darstellung der historischen Etappen, in welchen die Frage nach der Möglichkeit menschlicher Freiheit verhandelt wurde, möchte ich nun drei philosophische Argumente vorführen, die für das Verständnis meiner eigenen humanistischen Perspektive wichtig sind. Das erste Argument, das sein Autor, der Wissenschaftsphilosoph Peter van Inwagen, als *consequence-argument* bezeichnet hat, ist im Grunde sehr einfach und kann als Ausarbeitung des stoizistischen *eph' hēmin* interpretiert werden.<sup>6</sup> Nach van Inwagen gilt, dass uns, wenn die Welt universal deterministisch wäre, bewusst sein müsste, dass ein Weltzustand – etwa ein Zustand

---

<sup>6</sup> Vgl. Peter van Inwagen: *An Essay on Free Will*, Oxford, New York 1983.

vor der Entstehung des Menschengeschlechts – zusammen mit den Naturgesetzen jeden zukünftigen Weltzustand, also auch den Weltzustand morgen oder in fünf Jahren, eindeutig festlegen würde. Da die Naturgesetze nicht unter unserer Kontrolle sind – denn wir können nicht mit unseren Willensakten die Naturgesetze verändern; und da ein Weltzustand vor der Entstehung des Menschengeschlechts ebenfalls nicht unserer Kontrolle untersteht – da wir nicht beeinflussen können, wie ein Zustand vor unserer Zeit ist; so ist schließlich auch der morgige Zustand der Welt, einschließlich der Tatsache, was wir morgen tun, nicht unter unserer Kontrolle. Was immer wir morgen tun – de facto ist es nicht *up to us*. Damit haben wir ein Problem: Denn tatsächlich haben wir doch den Eindruck, dass manches von dem, was wir tun, durchaus *up to us* ist, so dass wir hierfür auch zur Verantwortung gezogen werden können; anderes ist dagegen nicht *up to us*, so dass man uns auch nicht dafür verantwortlich machen kann. Diesen Eindruck müssen wir philosophisch zu integrieren versuchen. Dies bedeutet aber, dass, wenn das *consequence-argument* stimmt, der Universaldeterminismus mit dem *common sense*-Dualismus, den wir offensichtlich lebensweltlich vertreten, unvereinbar ist.

Das zweite Argument wurde in zwei Schritten von Harry Frankfurt entwickelt.<sup>7</sup> Frankfurts Ziel ist hierbei, unsere Freiheitsintuition mit beliebigen naturwissenschaftlichen Theorien kompatibel machen, seien sie nun probabilistischer oder deterministischer Natur. Er tut dies, indem er die Besonderheit des menschlichen Akteurs herausarbeitet, zu seinen eigenen Wünschen Stellung nehmen zu können. Frankfurt vermutet zu Recht, dass diese Fähigkeit bei Tieren nicht vorkommt und vielleicht sogar bei manchen Menschen nicht sehr ausgeprägt ist. Wenn ein Mensch wertend Stellung nimmt zu seinen Wünschen, also wenn er Präferenzen bezüglich seiner Wünsche ausprägt, so bildet er nach Frankfurt Volitionen zweiter Ordnung (im englischen Original *second-order volitions*) aus. Durch die Einführung dieses *terminus technicus* kann man elegant zwischen Willensfreiheit und Handlungsfreiheit unterscheiden: Willensfrei bin ich, wenn ich diejenigen Präferenzen habe, die ich gemäß meiner Präferenzen zweiter Ordnung haben will; handlungsfrei bin ich dagegen, wenn ich dasjenige tue, was meinen Präferenzen erster Ordnung entspricht. Eine Person, die mit sich selbst im Reinen ist und sich als autonom empfindet, muss demnach sowohl über Willens- als auch über Handlungsfreiheit verfügen. Das heißt, sie tut sowohl das, was sie will (niemand hindert sie daran, das zu tun, was sie will), als sie auch will, was sie tatsächlich will (im Sinne der *second-order volitions*). Unter diesem Schlagwort – Autonomie statt Freiheit – glaubt Frankfurt das Spannungsverhältnis zwischen Freiheit und Determinismus integrieren zu können. Wobei „Auto-

---

<sup>7</sup> Vgl. Harry Frankfurt: Freedom of the Will and the Concept of a Person. In: The Journal of Philosophy, 68 (1971), S. 5–20.

nomie“ hier natürlich nicht im kantischen Sinne zu verstehen ist, sondern im Sinne der Kohärenz der Wünsche zweiter und erster Ordnung.

In diesem Zusammenhang ist noch ein zweites Argument von Frankfurt interessant. Denn Frankfurt möchte zeigen, dass man auf das, was ich jetzt bislang zumindest *implicit* als wesentliches Merkmal unserer Freiheitsintuition angenommen habe, problemlos verzichten kann: Nämlich auf die Annahme, dass jemand nur dann als frei bezeichnet werden kann, wenn er zwischen verschiedenen Alternativen wählen kann und nicht immer schon auf die Wahl einer bestimmten Handlung festgelegt war. Diese Annahme wird als Prinzip der alternativen Möglichkeiten (*Principle of Alternate Possibilities* – kurz *PAP*) bezeichnet – und Frankfurt führt ein berühmtes Gedankenexperiment an, um zu zeigen, dass *PAP* für Freiheit irrelevant ist: Man stelle sich vor, ein Neurophysiologe habe einen Sensor in das Gehirn eines amerikanischen Wählers eingebaut. Dieser Wähler steht nun vor der Alternative, entweder Bush oder Gore zu wählen. Der Neurophysiologe kann auf einem Monitor sehen, was der Wähler zu tun gedenkt, also wie er abstimmen will – und weil es sich um einen parteilichen Neurophysiologen handelt, beschließt er, in dem Fall, dass der Wähler für Gore stimmen will, zu intervenieren. Auch wenn dieses Szenario vor dem Hintergrund des aktuellen neurophysiologischen Wissens unmöglich erscheint, sei angenommen, dass der Wissenschaftler wirklich dazu in der Lage ist, die Entscheidung des Wählers für Gore zu verhindern, indem er im Gehirn des Wählers ein Bereitschaftspotential auslöst, das dann zum Ankreuzen bei Bush führt. Tatsächlich ist es nun aber so, dass die Versuchsperson ohnehin vorhat, für Bush zu stimmen. Laut Frankfurt würden wir den dargestellten Fall als einen Fall von personaler Autonomie werten: Denn zum einen tut besagter Wähler das, was er tun will – indem er Bush wählt. Zum anderen ist auch vorstellbar, dass die Person bei dieser Handlung mit sich selbst im Einklang ist, da sie die Präferenz, die sie hat (Bush zu wählen) auch tatsächlich (im Sinne ihrer *second-order volitions*) präferiert. Entscheidend ist nun, dass wir nach Frankfurt die Intuition haben, dass besagter Wähler autonom ist – und dies obwohl *PAP* verletzt ist: Die Person erscheint uns laut Frankfurt frei, obwohl sie (aufgrund des in ihr Gehirn eingebauten Sensors und des diesen kontrollierenden Wissenschaftlers) keine andere Wahl hatte als zu handeln, wie sie de facto gehandelt hat.

In meinen Ausführungen in *Über menschliche Freiheit* (Kap. III) habe ich versucht, deutlich zu machen, was an der vorgetragenen Überlegung falsch ist. Betrachten wir das Problem einmal losgelöst von der oben dargestellten Versuchsanordnung und befragen unsere Intuitionen: Gesetzt den Fall, eine Person S kann eine bestimmte Handlung H nicht tun (aus welchen Gründen auch immer), aber S weiß nicht, dass sie H nicht tun kann, das heißt S ist sich nicht darüber bewusst, dass sie gar nicht die Möglichkeit hat, H zu tun. Nehmen wir nun weiterhin an, dass H gerade diejenige

Handlung ist, die für S moralisch geboten ist. Wenn man also in der betreffenden Situation alle Gründe gegeneinander abwägt, so kommt man objektiv zu dem Schluss, dass S H tun sollte. In dem dargestellten Fall – in dem S aufgrund bestimmter Faktoren nicht in der Lage dazu ist, H zu tun – könnte man S nun keinen Vorwurf dafür machen, dass sie H nicht *getan* hat: Denn S war es objektiv betrachtet nicht möglich, H zu tun. Wofür wir S aber zweifellos verantwortlich machen können, ist, dass sie nicht *versucht* hat, H – die Handlung, zu der sie eigentlich moralisch verpflichtet gewesen wäre – zu tun. Denn da S nicht wusste, dass sie H nicht tun kann, wäre sie durchaus dazu verpflichtet gewesen, H zumindest zu versuchen – so dass wir ihr die Unterlassung dieses Versuches durchaus vorwerfen können. Im dargestellten Fall machen wir die Person also nicht verantwortlich dafür, dass sie nicht das *getan* hat, was sie zwar hätte tun sollen, de facto aber nicht tun konnte – sondern wir werfen ihr vor, dass sie nicht den Versuch unternommen hat, zu tun, was sie tun sollte, denn sie hat ja nicht gewusst, dass sich dieser Versuch als vergeblich herausstellen würde.

Unter diesem Gesichtspunkt erscheint das Frankfurtsche Argument in einem neuen Licht. Insbesondere muss uns Frankfurt erklären, wann genau der Neurophysiologe intervenieren will. Hier stehen Frankfurt zwei Möglichkeiten offen. Entweder der Physiologe greift *in den Prozess der Deliberation* ein: das heißt er sieht auf seinem Monitor, dass der Wähler im Begriff ist, sich zu überlegen, was für Bush spricht und was für Gore – und stoppt diesen Prozess der Abwägung von Anfang an und induziert dem Wähler durch den Sensor die Bereitschaft, für Bush zu stimmen. In diesem Fall hatten die Gründe, die der Wähler für die Wahl des einen oder anderen Kandidaten hatte, gar nicht mehr die Möglichkeit, wirksam zu werden und zur Ausprägung einer bestimmten Überzeugung hinsichtlich der Wahl zu führen. Oder aber der Physiologe wird erst aktiv, *nachdem die Deliberation* vonstatten gegangen ist: das heißt er lässt den Wähler noch seine Gründe abwägen und auf der Basis dieser Gründe eine bestimmte Überzeugung ausprägen – und greift erst ein, wenn er feststellt, dass die Überzeugung, die ausgeprägt wurde, diejenige war, Gore zu wählen. In diesem Fall würde der Physiologe nicht den Überlegungsprozess als Ganzen blockieren, sondern lediglich das Wirksam-Werden einer bestimmten Überzeugung. Je nachdem, auf welchen konkreten Zeitpunkt sich Frankfurt festlegt, würde unsere Beurteilung des Falles aber unterschiedlich ausfallen: Für den Fall, dass der Wissenschaftler schon in den Prozess der Abwägung selbst eingreift, kann man nicht davon sprechen, dass die Person autonom ist. Denn ihre Wünsche erster Stufe stehen nicht in der für Autonomie erforderlichen Relation zu ihren Wünschen zweiter Stufe: Es ist nicht so, dass die Wünsche zweiter Stufe diejenigen erster Stufe für zulässig erklären – vielmehr kann der Wähler (aufgrund des Eingriffs des Wissenschaftlers) gar keine Volitionen zweiter Stufe ausbilden. In diesem Fall, in dem man also gar



nicht von der Autonomie des Wählers im Frankfurtschen Sinne sprechen kann, würden wir dem Wähler ohnehin keinen Vorwurf machen wollen, dass er Bush gewählt hat. Die frühe Intervention blockierte die Willensfreiheit. Dies stellt sich aber anders dar für den Fall, dass der Neurologe nicht das Abwägen der Gründe blockiert, sondern nur verhindert, dass eine bestimmte, auf Basis der Gründe entstandene Überzeugung wirksam wird. Dann war der Wähler willensfrei, aber nicht handlungsfrei, er konnte nicht das tun, was er tun wollte. Wenn der Wähler das will und das tut, was keine Intervention des Neurophysiologen hervorruft, hatte er entweder alternative Möglichkeiten (des Wollens oder des Handelns) oder er war nicht autonom und nicht verantwortlich auch im Frankfurtschen Sinne.

Dieses Gedankenexperiment Frankfurts spricht also keineswegs gegen *PAP* – auch wenn diesbezüglich viele in der aktuellen Debatte von Frankfurts Scharfsinn aufs Glatteis geführt wurden. Bis ein besseres Argument gegen *PAP* vorgebracht wird, muss *PAP* weiterhin als geltend anerkannt werden. Wir machen Menschen nur für das verantwortlich, was unter ihrer Kontrolle war – also für das, wofür sie Gründe pro und contra abwägen konnten und bezüglich dessen sie die notwendigen Informationen hatten, um überhaupt die relevanten Gründe zu kennen. Es scheint also, dass das Prinzip der alternativen Möglichkeiten lebensweltlich in unseren Alltagsinteraktionen tief verwoben ist, und zwar in der Art und Weise, wie wir miteinander umgehen, wie wir Gründe austauschen, wie wir Verantwortungen zuschreiben. Und deswegen sage ich gegen Frankfurt: Keine Verantwortung ohne Freiheit – und zwar Freiheit unter Einschluss von *PAP*.

Zum Abschluss dieser Überlegung möchte ich auf etwas hinweisen: Die dargestellte Argumentation hat gezeigt, dass Freiheit und Verantwortung offenbar eng miteinander gekoppelt sind. Ebenso wurde klar, dass beide Begriffe wiederum damit zusammenhängen, dass wir Gründe abwägen, dass wir also deliberieren können. Diese begrifflichen Banalitäten werden aber von einem Gutteil der Naturwissenschaft ebenso wie von einigen Philosophen, die sich von den Argumentationen der Naturwissenschaftler über Gebühr beeindruckt lassen, in Frage gestellt. Wenn meine bisherige Argumentationslinie zutrifft, dann haben wir mit diesen drei Begriffen – also mit *Rationalität*, *Freiheit* und *Verantwortung* – möglicherweise nur drei unterschiedliche Aspekte *eines* Phänomens vor Augen: Nämlich des Phänomens, dass wir uns von Gründen affizieren lassen, dass wir Gründe haben für das, was wir tun und vielleicht auch für das, was wir glauben und wovon wir überzeugt sind. Zudem erscheint es mir, als sei auch ein Gutteil unserer nicht-propositionalen Einstellungen, also unserer Gefühle und Empfindungen, grundsätzlich zugänglich für das Abwägen von Gründen. So gibt es beispielsweise keinen guten Grund für die Verachtung anderer Ethnien. Wer also Menschen verachtet, nur weil sie eine andere Hautfarbe haben oder einer anderen Religion angehören oder Ähnliches, der tut dies

ohne guten Grund – er kann dafür kritisiert werden, er ist für dieses Gefühl – nicht nur für eine eventuelle Praxis, die diesem Gefühl entspricht – verantwortlich. Zugegebenermaßen sprechen wir im Alltag nicht unbedingt davon, dass jemand für seine Gefühle verantwortlich sei; häufig beschränken wir das Zuschreiben von Verantwortung auf öffentliches, also beobachtbares und kritisierbares Handeln. Vor allem im Bereich der Rechtsprechung ist dies auch sinnvoll. Aber wenn man die Rolle von Gründen so stark macht, wie es mir sinnvoll erscheint, dann besteht eine unauflöslige Trias von *Rationalität*, *Freiheit* und *Verantwortung* – so dass wir überall dort, wo Gründe ausschlaggebend sind, auch Verantwortung zuschreiben sollten.<sup>8</sup>

## II

Im zweiten Teil meines Arguments möchte ich menschliche Freiheit in drei Schritten genauer bestimmen: Erstens müssen wir unterscheiden zwischen Willkürfreiheit und Freiheit. Willkürfreiheit ist ein Thema, das ich an anderer Stelle nur wenig beleuchtet habe, da mir diese Form der Freiheit nicht relevant erschien; mittlerweile bin ich allerdings zu der Überzeugung gekommen, dass der Willkürfreiheit eine größere Rolle zukommt, so dass ich das Thema nun ein wenig ausführen möchte. Gesetzt den Fall, man präsentiert einem philosophisch noch nicht „verbildeten“ Gesprächspartner A die These von der vollständigen Determiniertheit menschlichen Handelns. Dann wird man häufig – nachdem man besagte These geäußert hat – von A dazu aufgefordert, vorauszusagen, was A jetzt gleich tun wird, beispielsweise ob er aufstehen oder sitzen bleiben wird. Und je nachdem, was man prognostiziert, verhält sich A dann natürlich genau so, dass er die vermeintliche Prognose falsifiziert: Sagt man voraus, dass er sitzen bleiben wird, wird A aufstehen, und umgekehrt. Das heißt, normalerweise versuchen Menschen, die These von der vollständigen Determiniertheit menschlichen Handelns dadurch zu widerlegen, dass sie in einer Situation, in der sie zwischen den verschiedenen sich anbietenden Handlungsalternativen indifferent sind, willkürlich eine wählen und ausführen.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Ich werde demnächst den letzten Teil meiner kleinen Trilogie zu Rationalität (*Strukturelle Rationalität*, Reclam 2001) und Freiheit (*Über menschliche Freiheit*, Reclam 2005) mit einem Bändchen zum *Begriff Verantwortung* abschließen.

<sup>9</sup> Wobei diese Widerlegung selbst wieder relativ einfach widerlegt werden kann: Denn in eine vollständige Beschreibung der Umstände, die eine spezifische menschliche Handlung determinieren, müsste für den beschriebenen Fall natürlich auch der Akt des Prognostizierens bzw. die Prognose selbst eingehen. Vor der Prognose war A den beiden Handlungsalternativen „Sitzen bleiben“ oder „Aufstehen“ gegenüber völlig indifferent; da es aber A's Ziel ist, die Prognose durch sein Handeln zu widerlegen, wird sein Handeln durch die Prognose determiniert – da er (aufgrund seines Wunsches, diese zu widerlegen) immer entgegengesetzt der Prognose handeln muss.

Ich schlage nun eine *gradualistische* Perspektive von Freiheit vor: An einem Ende des Spektrums ist die reine Willkürfreiheit angesiedelt, also jene Art von Freiheit, bei der ich völlig indifferent bin zwischen den verschiedenen Handlungsalternativen, mich willkürlich auf eine festlege und dann gemäß dieser Entscheidung handle. Hierbei handelt es sich um eine Art der Freiheit, bei der keine Gründe, keine Abwägungen, keine Vorsichtsmaßnahmen oder andere Überlegungen eine Rolle spielen. Das andere Ende des Spektrums bildet dagegen jene Form von Freiheit, die zurückgeht auf grundlegende, langfristig wirksame und möglicherweise schon lange vor der Ausführung einer konkreten Handlung getroffene Festlegungen einer Person. Diese Festlegungen sollte man als lebensstrukturierende oder existenzielle Entscheidungen auffassen, die oft einen langen Vorlauf und eine lange Nachwirkung haben und für die Gründe entscheidend sind. Diese Gründe werden durch die Entscheidung selbst dispensiert, denn in dem Moment, in dem ich mich für eine bestimmte Handlungsalternative entscheide, beende ich die Deliberation und setze das weitere Abwägen von Gründen aus. Natürlich kann es sein, dass ich die Deliberation wieder aufgreife, weil irgendein Aspekt auftaucht, der mich dazu bringt, an meiner Entscheidung zu zweifeln. Aber üblicherweise bringen Entscheidungen solche Deliberationsprozesse zu einem vorläufigen Abschluss, so dass man Entscheidungen folgendermaßen charakterisieren kann: Sie sind Absichten spezifischen Typs, die durch die Handlung erfüllt werden.

Obwohl die beiden dargestellten Extrempunkte sich deutlich unterscheiden, besteht zwischen ihnen ein Kontinuum. Denn auch einer Handlung, die auf Willkürfreiheit zurückgeht, geht Intentionalität (d. h. eine von der Person getroffene Entscheidung, derer sich die Person bewusst ist) zumindest unmittelbar voraus und begleitet die Handlung auch noch während ihrer Durchführung. Wäre dem nicht so, würden sich Personen ihr Verhalten nicht als eigene Handlung zuschreiben. Dies lässt sich am bereits dargestellten Beispiel des Neurophysiologen verdeutlichen, der über den implantierten Sensor Muskelreizungen und somit beispielsweise Aufstehen hervorrufen kann. Gesetzt den Fall, A hätte sich selbst in einem reinen Willkürakt dazu entschlossen, aufzustehen und nicht sitzen zu bleiben. Wenn dann der Neurologe aktiv wird und A qua Muskelreizung dazu veranlasst, aufzustehen – ohne dass dieses Aufstehen durch A's eigene Entscheidung aufzustehen bedingt, beziehungsweise von dieser Entscheidung kontrolliert war – so würde A abstreiten, dass es sich bei diesem Verhalten tatsächlich um eine ihm selbst zuschreibbare Handlung handelt. A's Reaktion wäre höchstwahrscheinlich ernsthafte Verwunderung darüber, was gerade mit ihm geschehen sei. Aus der subjektiven Perspektive wird also eine klare Unterscheidung vorgenommen, ob ein Ereignis eine von den eigenen Intentionen gesteuerte Handlung ist oder lediglich ein eigenes Verhalten, das sich jedoch nicht kohärent in die zeitliche Entwicklung der intentionalen Einstellungen als Handlung

einbetten lässt – und dies gilt auch im Fall von Willkürentscheidungen. Auch bei Willkürentscheidungen geht es also darum, dass Intentionen eine die Handlung bestimmende Rolle spielen. Ich unterscheide dabei motivierende, vorausgehende und begleitende Intentionalität,<sup>10</sup> die handlungskonstitutiv ist – und ohne diese motivierende, vorausgehende und begleitende Intentionalität kommen auch Willkürentscheidungen nicht aus.<sup>11</sup>

Durch diese Trennung von Willkürfreiheit und solcher, die auf Gründe zurückgeht, können wir nun einen Definitionsversuch für Freiheit unternehmen: Diese besteht meiner Ansicht nach in der *naturalistischen Unterbestimmtheit von Gründen*, nämlich der Gründe, die die Handlungen leiten, beziehungsweise deren Abwägung gegeneinander Handlungen leitet. Naturalistische Unterbestimmtheit bedeutet, dass Gründe – beziehungsweise das Abwägen und Akzeptieren der letztlich besten Gründe – tatsächlich relevant sind, für das was ich tue. Wenn diese These gilt, so kann man Handlungen ohne Bezugnahme auf Gründe nicht erklären und erst recht nicht prognostizieren.

Diese These ist mit einer bestimmten Form von Determinismus – nämlich dem Determinismus in seiner naturalistischen Form – unvereinbar. Theorien, die behaupten, alle Zustände in der Welt seien in der Sprache der Physik und durch Naturgesetze, die den gesamten weiteren Weltverlauf festlegen, beschreibbar, lassen sich mit dieser These nicht zusammen denken. Diese These macht deutlich, was ich unter „humanistischer Perspektive“ verstehe, nämlich dass man anerkennt, dass Gründe für das menschliche Leben, die menschliche Verständigungspraxis, die menschliche Interaktion etc. eine irreduzible Rolle spielen. Der Naturalist hingegen würde behaupten, dass Gründe reduzierbar seien und dass die Redeweise von Gründen zugunsten eines physikalistischen Vokabulars in der wissenschaftlichen Analyse und möglicherweise sogar in der aufgeklärten Lebenswelt aufgegeben werden müsse.

---

<sup>10</sup> Vgl. Julian Nida-Rümelin: Kritik des Konsequentialismus, München 1995, § 7.

<sup>11</sup> Die berühmten Libet-Experimente, die lange Zeit als empirischer Beleg der These der vollständigen Determiniertheit menschlichen Verhaltens gewertet wurden, betreffen interessanterweise gerade dieses Extrem des Spektrums, nämlich Willkürentscheidungen. Die Tatsache, dass es bis heute keine experimentellen Anordnungen gibt, die zeigen, dass Bereitschaftspotentiale im Gehirn unabhängig, beziehungsweise zeitlich vor der Ausprägung von durch Gründe und Abwägung beeinflussten Überzeugungen auftreten, sollte natürlich skeptisch machen. Unter Umständen zeigt dies nämlich, dass die Ergebnisse der Libet-Experimente ausschließlich für Willkürentscheidungen zutreffen. Dies wäre zwar an sich ein interessantes Ergebnis – aber für die Frage echter menschlicher Freiheit, die mit lebensstrukturierenden, langfristigen Entscheidungen und Deliberationsprozessen verbunden ist, völlig unerheblich.

### III

Um sich über den dritten zu behandelnden Punkt – Kausalität – klar zu werden, muss man zuerst deutlich machen, dass es zwei Grundinterpretationen von Kausalität gibt: Die eine könnte man als *ontologische*, die andere als *epistemologische* Deutung bezeichnen. Zwischen diesen beiden Deutungen wurde in der Philosophiegeschichte nicht immer sorgfältig unterschieden, selbst wenn die Rede von *causa* und *ratio* in der Philosophie des Mittelalters darauf hindeutet, dass die Unterschiede zwischen diesen Interpretationen erkannt wurden. Manche Interpreten gehen soweit, die Unterscheidung schon in der aristotelischen Vier-Causae-Theorie zu verorten – wobei ich hier eher skeptisch bin. Grundsätzlich gilt, dass die ontologische Deutung von einer Kausalität in den Dingen ausgeht; wenn demnach A B verursacht, dann erklärt die ontologische Interpretation dies damit, dass A eine kausale Kraft hat und mit dieser auf B einwirkt – wobei diese kausale Kraft nicht als physikalische Kraft zu verstehen ist, sondern als Wirkung der Hervorbringung, deren genaue Konkretisierung je nach zugrundeliegender Theorie variiert.

Der berühmteste Kritiker dieser Auffassung einer realen Kausalität, also einer Kausalität in den Dingen, ist David Hume. Tatsächlich war Hume insgesamt Kausalitäts-skeptiker: Er hat nicht nur bezweifelt, dass es eine Realkausalität gibt – vielmehr behauptete er, dass es insgesamt keinen wissenschaftlichen Beleg für Kausalität gäbe. Diese Skepsis ist bei Hume erkenntnistheoretisch motiviert (weshalb Humes Kausalitätsbegriff als epistemologisch gekennzeichnet werden kann) – denn nach Hume beobachten wir lebensweltlich nichts anderes als Sukzessionen von Ereignissen: Wir beobachten eine Abfolge von Ereignissen und können in dieser Abfolge Regularitäten erkennen. Als Menschen neigen wir zwar dazu, diese Regularitäten kausalistisch zu interpretieren, das heißt bestimmte unveränderliche Gesetzmäßigkeiten anzunehmen; will man aber wissenschaftlich redlich vorgehen, so muss man nach Hume Kausalität ausschließlich über Regularitäten konzeptionalisieren. Diese Humesche Interpretation von Kausalität, also die Regularitätstheorie der Kausalität, ist auch heute noch ein wesentlicher Strang in der philosophischen Interpretation des Kausalitätsbegriffes. Allerdings bringt dieser Kausalitätsbegriff neue Schwierigkeiten mit sich, die mit dem Induktionsproblem zusammenhängen. Dies war gerade für den Begründer dieser Interpretation verheerend, da Hume nicht nur gegenüber einer Realkausalität, sondern auch hinsichtlich der Induktion skeptisch war. Denn auch in dieser erkannte Hume lediglich eine psychologische Neigung des Menschen, nämlich zu glauben, aus einem Sachverhalt, den man mehrfach beobachtet hat, einen gesetzmäßigen Zusammenhang – einen Allsatz – ableiten zu können. Diese psychologische Neigung ist jedoch rational nicht gerechtfertigt.

Zwar hat ein wichtiger Strang der modernen Philosophie des 20. Jahrhunderts, der sogenannte logische Empirismus, insbesondere in der Gestalt von Rudolf Carnap, einige Jahrzehnte lang versucht, eine rationale Fundierung der Induktion zu entwickeln.<sup>12</sup> Doch muss man dieses sehr anspruchsvolle und mit viel logischem und mathematischem Aufwand betriebene Projekt als gescheitert betrachten. Das Scheitern des logischen Empirismus hat einem weiten Skeptizismus hinsichtlich der Kausalitätsproblematik Raum gegeben. Diese Entwicklung wurde zudem noch durch den allgemeinen Trend in der analytischen Wissenschaftsphilosophie verstärkt: Diese hatte es sich ja zur Aufgabe gesetzt, die Philosophie wieder an die naturwissenschaftliche Praxis und an deren Theorien heranzuführen und somit die Dominanz des idealistischen Denkens sowohl im deutschen wie im englischen Sprachraum zurückzudrängen. Dieser Wunsch, zwischen Naturwissenschaft und Philosophie Brücken zu schlagen, hat für einige Jahrzehnte dazu geführt, dass die meisten Protagonisten der Bewegung – also von Bertrand Russell über Moritz Schlick bis hin zu Ludwig Wittgenstein – der Meinung waren, der Begriff Kausalität habe aus wissenschaftlichen Theorien zu verschwinden, da er nicht oder nur durch schlechte Metaphysik begründet sei. Dieser Trend, der seinen Höhepunkt in den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts hatte, beruhte teilweise auch auf den Erfahrungen, die in den zwanziger Jahren mit der neuen Quantenphysik gemacht worden waren und die das Konzept der Kausalität grundsätzlich in Frage stellten.

Doch just in dem Moment, in dem der Begriff der Kausalität endgültig erledigt schien, also etwa Ende der fünfziger Jahre, vollzieht sich eine Trendwende und neue Kausalitätstheorien kommen wieder auf. Diese Wende ist wohl dadurch zu erklären, dass die Suche nach kausalen Zusammenhängen sowohl in der naturwissenschaftlichen Praxis (wenn auch nicht in der Physik, sondern beispielsweise in der Medizin oder Biologie) als auch in den Sozialwissenschaften eine wichtige heuristische Rolle spielt. Das heißt, in vielen wissenschaftlichen Forschungsprogrammen spielen Kausalitätshypothesen die Rolle einer Metatheorie. Anders als in der theoretischen Physik, die diesbezüglich scheinbar ein informelles Bündnis mit der Wissenschaftstheorie des frühen 20. Jahrhunderts geschlossen hat, haben viele Naturwissenschaftler anderer Disziplinen metatheoretisch realistische Grundeinstellungen. Sie versuchen nicht so sehr, einen zweckmäßigen Begriff der Kausalität in ihrem jeweiligen Bereich zu konstruieren, sondern sie wollen herausfinden, was die für ihre Fragestellung relevanten Ursachen sind. So kann man etwa in der Berichterstattung eines Ärztekongresses lesen, dass es offenkundiger Unsinn sei, dass man sich Erkältungen wegen Unterkühlung hole; die eigentliche Ursache seien vielmehr Viren oder Bakterien. Ein kritisch gesinnter Wissenschaftstheoretiker müsste an dieser Stelle stutzen und nachfragen, was für eine Art Ursachenbegriff denn in obiger Aussage verwendet

---

<sup>12</sup> Vgl. Rudolf Carnap: Der logische Aufbau der Welt, Berlin 1928.

wird. Aber für die meisten Naturwissenschaften und ebenso Sozialwissenschaften stellt sich diese Frage nicht, da hier eine realistische Interpretation dominiert. In der Wissenschaftsphilosophie dominiert dagegen nach wie vor die positivistische oder instrumentalistische Position, die besagt, man könne zwar beobachtete Regularitäten als kausale Zusammenhänge interpretieren, aber dies dürfe man nicht metaphysisch aufladen.

An dieser Stelle möchte ich kurz die Behauptung untersuchen, man könne an der *Form* naturwissenschaftlicher Gesetzen erkennen, ob sie in einem deterministischen Sinne Kausalität voraussetzen oder Kausalzusammenhänge beschreiben. Hierzu muss man zuerst eine einfache Form naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeit betrachten, etwa

$$f(x) = \frac{dx}{dt}$$

wobei x eine beliebige Eigenschaft innerhalb eines beliebigen Gegenstandsbereiches bezeichnet. Für dieses x stellt die angeführte Formel nun eine beobachtbare wissenschaftliche Gesetzmäßigkeit dar, nämlich die, dass sich die Eigenschaft mit der Zeit verändert und zwar in einem funktional beschreibbaren Zusammenhang. Das heißt, in Abhängigkeit von der Zeit (dies ist durch die Funktion f(t) ausgedrückt) verändert sich die Eigenschaft x. Die Zeitfunktion stelle man sich stetig und stetig differenzierbar vor. Offensichtlich trifft dann auf diese Gleichung die Maxime der Physik zu, die bis zur Entdeckung der Quantenphysik galt, nämlich *natura non facit saltus*. Wenn man noch die These hinzunimmt, dass Veränderungen in der Zeit immer zusammenhängen müssen mit Vorgängen, die in raumzeitlicher Nähe sind, so bringt diese Gleichung prototypisch zum Ausdruck, was man lange Zeit als typisch für Kausalität hielt.

Nun möchte ich eine weitere Gleichung heranziehen:

$$\frac{ih}{2\pi} \bullet \frac{\delta\varphi}{\delta t} = \hat{H}\varphi$$

wobei gilt:  $\hat{H}$  steht für den Hamilton-Operator

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + V(r,t) \quad (\text{für den wiederum gilt: } \hbar = \frac{h}{2\pi} \text{ ist das Wirkungsquantum, } \Delta$$

der Laplace-Operator, m die Masse und V(r,t) das Potential aus Ort r und Zeit t), i für die imaginäre Einheit und  $\varphi$  für die Wellenfunktion. Diese Gleichung ist eine der berühmtesten Differenzialgleichungen der Naturwissenschaft überhaupt, nämlich die Schrödingersche Wellengleichung. Auf den ersten Blick scheint diese der ersten angeführten Gleichung durchaus zu ähneln – und dennoch irritiert an ihrer Form etwas. Denn tatsächlich ist die dargestellte  $\varphi$ -Funktion eine Wahrscheinlichkeitsverteilung, das heißt wir machen mit dieser Gleichung Aussagen über die Eigenschaften

von Zuständen, von denen wir lediglich Wahrscheinlichkeitsverteilungen angeben können. Aus der formalen Ähnlichkeit dieser beiden Gleichungen muss man demnach die Schlussfolgerung ziehen, dass die syntaktische Form und die semantische Deutung nicht so eng zusammenhängen können, wie man gemeinhin angenommen hat.

Vor diesem Hintergrund lässt sich nun diskutieren, welchen Zusammenhang es zwischen Kausalität und Freiheit gibt. Interessant wird dieser Zusammenhang aufgrund einer Vorstellung von der klassischen Physik, die weit verbreitet ist. Denn von der Newtonschen Mechanik würden fast alle Abiturienten – ebenso wie der Großteil der Wissenschaftstheoretiker – behaupten, dass sie deterministisch sei. Physiker dagegen stehen dieser Einschätzung skeptisch gegenüber und fragen meistens zurück, was denn genau unter „deterministisch“ verstanden werden soll. Meiner eigenen Auffassung nach ist die Einordnung der Newtonschen Mechanik relativ einfach: Die Newtonsche Mechanik ist insofern deterministisch, als sie keine probabilistischen oder indeterministischen Zusammenhänge postuliert; aber sie ist nicht vollständig deterministisch, denn in den Beschreibungen physikalischer Systeme gemäß der Newtonschen Mechanik gibt es Singularitäten. Dass dies tatsächlich der Fall ist, möchte ich anhand einer einfachen Überlegung veranschaulichen (Abb. 1):

Man stelle sich vor, eine kleinere Kugel K1 kommt auf einer größeren Kugel K2 zu liegen und zwar so, dass die Schwerpunkte der beiden Kugeln auf einer geraden Linie mit dem Masseschwerpunkt der Erde liegen. Beide Kugeln sind ideale Kugeln, ihr Durchmesser ist also an jeder Stelle gleich groß, so dass die Masseverteilung innerhalb dieser Kugeln gleichförmig ist. Was passiert nun, wenn diese beiden Ku-

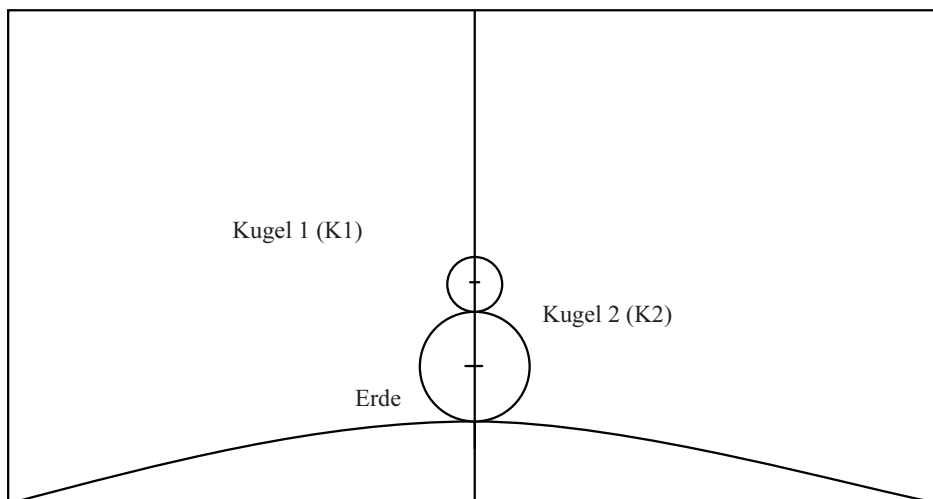


Abbildung 1



geln in der beschriebenen Art und Weise aufeinander liegen – rollt die obere Kugel K1 herunter oder nicht? Tatsächlich kann man sich über dieses Beispiel trefflich streiten: Viele sind sich sicher, K1 muss herunterrollen – und ebenso viele sind absolut davon überzeugt, dass K1 liegen bleibt. Mir dagegen scheint es angemessen, in dieser Frage Agnostiker zu bleiben: es kann sein, dass die Kugel K1 oben liegen bleibt – aber ebenso gut kann K1 herunterrollen; und wenn sie herunterrollt, dann kann sie in alle Richtungen herunterrollen. Das heißt aber, dass in diesem Fall eine Undeterminiertheit des Nachfolgezustandes vorliegt, dass also die klassische Physik hier keine sichere Aussage treffen kann. Damit wäre dieser Fall aber ein Beleg dafür, dass die weitverbreitete Vorstellung falsch ist, dass Theorien der Art der Newtonschen Mechanik nur deterministische Gesetze kennen und eindeutige zeitliche Verlaufsgesetze von Zuständen mit sich bringen. Das Beispiel illustriert, dass dies aufgrund der Existenz von Singularitäten nicht der Fall ist – und derer kann es, in der komplexen Welt, in der wir leben, ziemlich viele geben.

Doch selbst wenn man am Auftreten von Singularitäten zweifeln und an dem Bild festhalten will, dass die Newtonsche Mechanik immer deterministische Zusammenhänge aufzeigen kann, so ergibt sich aus dieser Vorstellung noch kein *Verlaufsdeterminismus*. Der Verlaufsdeterminismus würde besagen, dass ein Weltzustand, gegeben die physikalischen Gesetze, den nächsten und alle sich aus diesem ergebenden Weltzustände festlegt. Denn dies würde die Geschlossenheit der physikalischen Welt voraussetzen; diese wird zwar häufig als gegeben angenommen – doch tatsächlich ist dies eine offene Frage. Denn zuerst gilt es zu klären, was man sich unter der Geschlossenheit der physikalischen Welt überhaupt vorstellen soll. Von Philosophen (und manchmal auch von Naturwissenschaftlern) wird diese Frage häufig durch Verweis auf den ersten Hauptsatz der Thermodynamik, also auf den Energieerhaltungssatz beantwortet. Diese Antwort hat tatsächlich einen gewissen Charme, ist doch der Energieerhaltungssatz das einzige Theorem der klassischen Physik, das weder durch die Quantenphysik noch durch die relativistische Physik in Frage gestellt worden ist. Es stellt sich also die Frage, ob diese Antwort überzeugen kann, ob die energetische Geschlossenheit der physikalischen Welt die kausale Irrelevanz menschlicher Absichten impliziert. Anders formuliert gilt es herauszufinden, ob der erste Hauptsatz der Thermodynamik die Existenz der Willensfreiheit widerlegt. Doch auch diese These muss eindeutig verneint werden, wie sich wiederum an einem einfachen Beispiel verdeutlichen lässt (Abb. 2):

Gesetzt den Fall, ein Massepunkt bewegt sich gleichförmig auf einer geraden Bahn, auf der keine weiteren Kräfte auf ihn einwirken. Wenn dem so ist, so sind – die Gesetze der Physik zugrunde gelegt – bereits alle Koordinaten festgelegt, die dieser Massepunkt im Verlauf seiner Bewegung einnehmen und „durchschreiten“ wird. Doch nun ist denkbar, dass irgendwann einmal im Verlauf seiner gleichförmigen

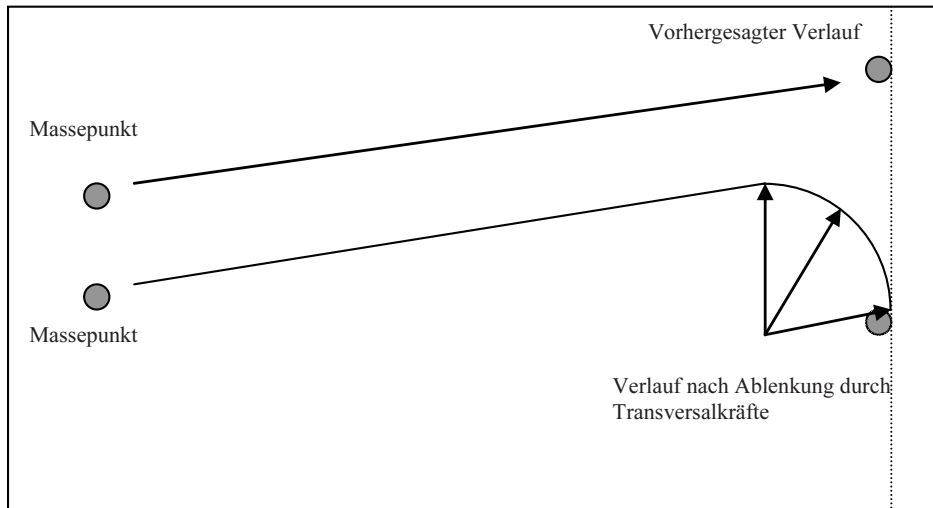


Abbildung 2

Bewegung Transversalkräfte auf den Massepunkt einwirken und ihn – unter Erhaltung seiner kinetischen Energie – von seiner Bahn ablenken. Transversalkräfte werden kausal wirksam, ohne die kinetische Energie zu verändern. Also stimmt es nicht, dass Kausalität in jedem Fall mit einer Veränderung energetischer Zustände verbunden ist.

Insgesamt haben wir eine ziemlich robuste, in unserer Lebenswelt und ebenso in der wissenschaftlichen Praxis etablierte Form des Umgangs mit Kausalität, und diese hängt mit unserer Interventionserfahrung zusammen – also mit unserer Erfahrung, in den Weltverlauf eingreifen zu können.<sup>13</sup> Diese Erfahrung spielt beispielsweise eine wichtige Rolle im Bereich des Rechts.<sup>14</sup> So kann man das gesamte Rechtssystem mit seinem normativen Gehalt weder theoretisch noch praktisch aufrecht erhalten, ohne die Möglichkeit der Verantwortlichkeit der Person – und zwar der Verantwortlichkeit in einem kausalen Sinne – vorauszusetzen.<sup>15</sup> Das heißt, die Vorstellung von Verantwortung im Sinne kausaler Ursächlichkeit ist für unser Rechtssystem eine notwendige Vorstellung. Ebenso sind die Naturwissenschaften auf einen Begriff der Kausalität angewiesen: Wenn Ingenieure gefragt werden, was die Ursache für beispielsweise einen Wasserrohrbruch war, dann empfinden sie diese Frage

<sup>13</sup> Diese Formulierung wähle ich in Anschluss an Georg Henrik von Wright, der sie 1971 in seinem Werk *Explanation and Understanding* geprägt hat.

<sup>14</sup> Vgl. H. L. A. Hart/Tony Honoré: *Causation in the Law*, Oxford 1959.

<sup>15</sup> Vgl. Christine Windbichler: *Kausalität im Zivilrecht*. In: *Debatte*, Heft 5, Kausalität, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin 2007, S. 65–73.

als legitim und versuchen, darauf zu antworten. Diese auf Kausalzusammenhänge hinweisende Antwort wird sich nicht in einem anspruchsvollen Sinne rekonstruieren lassen, das heißt, sie wird nicht alle Bedingungen nennen, aus denen sich das zu Erklärende logisch-deduktiv ableiten lässt. Vielmehr wird die Antwort des Ingenieurs so zu interpretieren sein, dass er einen Hinweis darauf gibt, an welcher Stelle das Normale, das zu Erwartende nicht eingetreten ist und aus welchen Gründen. Nennen wir dies die *Normalitätsinterpretation* von Kausalität. Diese hat in den letzten zwanzig bis dreißig Jahren eine präzise wissenschaftsphilosophische Form erhalten, nämlich in Form eines Kausalitätsbegriffes, den man als probabilistisch und epistemisch charakterisieren kann. Urheber dieser Art von Analyse ist Patrick Suppes, wobei auch europäische Wissenschaftler wie Peter Gärdenfors und Wolfgang Spohn wesentliche Beiträge geleistet haben.<sup>16</sup>

Der Grundgedanke ist, dass C genau dann eine prima facie-Ursache für ein Ereignis E ist, wenn Folgendes gilt:  $\text{prob}(E|H_t) < \text{prob}(E|H_t \& C_t)$ , wobei gilt  $t' > t$ . Gegeben eine Hintergrundtheorie H, die wir zugrunde legen, ist die Wahrscheinlichkeit von Ereignis E vor gegebener Hintergrundtheorie H zum Zeitpunkt t kleiner als die Wahrscheinlichkeit des Ereignisses E vor gegebener Hintergrundtheorie zum Zeitpunkt t' und der Kenntnis zum Zeitpunkt t', dass C passiert ist. Natürlich weist auch dieser Ansatz Schwierigkeiten auf, wie die Diskussion um die Frage der Abschirmbarkeit (der *shieldability*) zeigt. Ein banales Beispiel kann diese Schwierigkeiten verdeutlichen: Grundsätzlich gilt, dass die Regenwahrscheinlichkeit höher ist, wenn das Barometer fällt. Dennoch käme kein Mensch auf die Idee, das Fallen des Barometers als Ursache für den Regen zu bezeichnen. Das heißt, man muss die dargestellte Form der Analyse gegenüber solchen Effekten abschirmen, etwa indem man durch einen technischen Eingriff in die Funktionsweise des Barometers zeigt, dass es selbst dann regnet, wenn das Barometer daran gehindert wird, zu fallen.

## IV

Damit haben wir Kausalität im Sinne einer Normalitätsinterpretation probabilistisch präzisiert und können zum vierten Punkt kommen, nämlich der Frage, wie sich Kausalität und Freiheit vertragen. Die anfängliche These bezüglich Freiheit war, dass Gründe relevant sind oder – wie wir vor dem Hintergrund der gewonnenen Erkenntnisse nun formulieren können – dass Gründe für das, was wir tun, kausal relevant sind. Hätten wir diese Gründe nicht, wäre gemäß der Normalitätsinterpretation

---

<sup>16</sup> Vgl. Patrick Suppes: *A Probabilistic Theory of Causality*, Amsterdam 1970. Ebenso: Wolfgang Spohn: *Eine Theorie der Kausalität*, München 1983 (unveröffentlichte Habilitationsschrift).

die Wahrscheinlichkeit dafür, dass wir tun, was wir tun, geringer. Hieraus lässt sich die zweite These folgern, dass diese kausale Rolle von Gründen epistemisch unauffällig ist. Wir müssen also – entgegen der allgemeinen Meinung – unsere naturwissenschaftlichen Theorien nicht revidieren oder damit rechnen, dass aufgrund dieses Phänomens die gesamte naturwissenschaftliche Theoriebildung oder auch nur eines der Theoreme naturwissenschaftlicher Theorien in Frage gestellt wird. Dies mag auf den ersten Blick unplausibel erscheinen, aber schon ein Hinweis genügt, um die Bedenken zu zerstreuen: Denn wie dargestellt, erlauben Singularitäten, dass selbst rein deterministische Theorien Unterbestimmtheiten aufweisen, so dass die reale kausale Relevanz von Gründen verträglich wird mit einer entsprechenden deterministischen Theorie. Intuitiv mag man einwenden, dass Singularitäten doch seltene Ausnahmen seien, so dass man durch sie keine so weitreichende These begründen könne. Diesem Einwand möchte ich mit einer Stufentheorie des Seienden begegnen (die manche für Emergentismus halten werden – wobei ich diese Einschätzung bezweifeln würde): Gesetzt den Fall, man betrachtet einen biologischen Organismus, wie etwa ein laufendes Pferd. Man kann nun in physikalischen Termini alle Vorgänge beschreiben, die für dieses Ereignis des Laufens relevant sind, etwa die elektrostatischen Veränderungen im Muskelgewebe, die Belastungen der Gelenke etc. Wenn man sich nun zudem vorstellt, jemand verfüge über das notwendige Rechnerpotential, um eine vollständige Beschreibung des Ereignisses „laufendes Pferd“ in physikalischen Termini zu liefern – dann ist nicht anzunehmen, dass sich auch nur minimale Erklärungslücken ergeben. Jedes einzelne Ereignis – wie der Druck des rechten Hufes auf das Trottoir usw. – lässt sich physikalisch genau erklären. Aber uns ist allen klar, dass eine Beschreibung des laufenden Pferdes ohne biologische Terminologie und ohne biologische Gesetzmäßigkeiten in einem bestimmten Sinne unvollständig ist. Zwar nicht unvollständig im Sinne der Physik, denn die Physik wird an keiner Stelle verletzt – aber die vollständige Beschreibung des Organismus „Pferd, welches gerade läuft“ erfordert biologische Gesetzmäßigkeiten. Anders formuliert: Obwohl sich jeder physikalische Vorgang problemlos mit den Mitteln der Physik und mit genauer Beschreibung der jeweiligen Zustandsgrößen erklären lässt, bleibt das laufende Pferd für den reinen Physiker letztlich doch ein Rätsel; für den Biologen, der es in seinem Vokabular erfassen kann, dagegen nicht. Diese – mir offensichtlich erscheinende – Überlegung soll lediglich verdeutlichen, dass biologische Gesetzmäßigkeiten nicht auf physikalische oder chemische reduzierbar sind. Das heißt nicht, dass biologische Gesetzmäßigkeiten an irgendeiner Stelle die physikalischen oder chemischen außer Kraft setzen, sondern lediglich, dass sie eine zusätzliche Information liefern, die nicht schon in der physikalischen Beschreibung enthalten ist. Insofern ist die These von der physikalischen Geschlossenheit der Welt unscharf. Vielmehr muss man genau nachfragen: Wenn „Geschlossenheit“

heißt, dass jeder physikalische Vorgang vollständig erklärbar ist und dass keine Lücken entstehen, so habe ich überhaupt keine Schwierigkeiten mit dem Begriff physikalischer Geschlossenheit. Wenn „Geschlossenheit“ aber bedeuten soll, dass es über die physikalische Beschreibung hinaus keine für eine vollständige Beschreibung relevanten Informationen geben kann, dann habe ich sehr wohl damit Schwierigkeiten. Insofern muss man auch die Rede vom weichen Naturalismus genauer fassen:<sup>17</sup> Wenn damit gemeint ist, dass die Welt zwar eigentlich vollständig in naturwissenschaftlichen Termini beschreibbar ist, man aber darüber noch eine andere Ebene der Beschreibung lagern kann, die an der vollständigen Erklärung der Ereignisse allerdings nichts mehr verändert – dann wäre dieser weiche Naturalismus tatsächlich zu weich und zu schwach.

Damit komme ich zu meiner letzten Überlegung bezüglich der Frage, ob Willensfreiheit mit Determinismus vereinbar ist: Grundsätzlich muss diese Frage angesichts einer Wissenschaftspraxis, in der Verlaufsgesetze eine untergeordnete Rolle spielen, relativ unwichtig erscheinen. Insofern steht sie zu Unrecht im Mittelpunkt der zeitgenössischen Debatte um Willensfreiheit und es ist unbegründet, die Kategorisierung philosophischer Theorien zur Freiheitsthematik ausschließlich anhand dieser Frage zu vollziehen. So hatte ich zwar vorher darauf hingewiesen, dass meine eigene Position in dieser Frage mit einem naturalistischen Determinismus unvereinbar ist; doch wenn man das Wirken von Gründen mit einbezieht, ist meine Position mit einem Universaldeterminismus (unter Einbeziehung intentionaler Kausalerklärungen) nicht unvereinbar. Insofern bleibe ich auch nach langem Abwägen in dieser Frage Agnostiker.

---

<sup>17</sup> Für einen solchen weichen Naturalismus hatte Habermas plädiert: Vgl. Jürgen Habermas: Das Sprachspiel verantwortlicher Urheberschaft und das Problem der Willensfreiheit: Wie lässt sich der epistemische Dualismus mit einem ontologischen Monismus versöhnen? In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie 54 (2006), S. 669–707.

## Naturalisierung der Freiheit aus Sicht der Verhaltensforschung<sup>1</sup>

### Naturgesetz und Zufall

Im 19. Jahrhundert, als die Wirklichkeit noch als vollständig determiniert angesehen werden und man sich vorstellen konnte, dass es für alles lückenlose Ursachen gäbe, jede Veränderung also vom Beginn bis zum Ende des Universums im Prinzip zu jeder Zeit feststünde, war es naheliegend, ja vielleicht sogar denkwürdig, die Freiheit im Protest gegen diese Doktrin oder als „Alleinstellungsmerkmal“ des Menschen mit der Verletzung der Naturgesetze in Verbindung zu bringen. Da aber, wie uns die Physik des 20. Jahrhunderts lehrt, die Fäden von Ursachen und Wirkungen wegen der Quantenunbestimmtheit nicht von Anfang bis Ende durchgehen, sondern anfangen und abreißen, muss man heute die Verletzung der Physik als Bedingung für Freiheit nicht mehr fordern. Was immer wir unter Willensfreiheit verstehen, die Zukunft ist offen. Es kann objektiv einen Unterschied für den Lauf der Welt machen, ob wir uns Mühe geben oder nicht.

Mir ist bewusst, dass der Widerstand gegen die Ursachenlosigkeit unter den Philosophen immer noch groß ist. Aber die Annahme, man könne das Plancksche Wirkungsquantum unterlaufen, das heißt es gäbe unterhalb der Elementarteilchen noch eine weitere Ebene der Analyse, auf der man eines Tages zum Beispiel die konkrete hinreichende Ursache für das einzelne Ereignis im  $\beta$ -Zerfall werde finden können, ist in der Physik intensiv diskutiert worden. Man denke nur an Einsteins berühmtes „Gott würfeln nicht!“. Heute sind die meisten Physiker der Meinung, die Annahme einer solchen weiteren Ebene sei mit der Physik unvereinbar, und die Suche danach wurde eingestellt. Ich finde die Ursachenlosigkeit nicht so skandalös, wenn ich mir klar mache, dass die Physik eine Abstraktion ist, und mir die schier unendliche Kreativität dieses Daseins vergegenwärtige. Das verbissene Festhalten an der Vor-

---

<sup>1</sup> Wiederabdruck des Beitrags von Martin Heisenberg in *Naturgeschichte der Freiheit*, hrsg. von Jan-Christoph Heilinger, Berlin, New York 2007, S. 43–57.

stellung, nichts geschehe ohne hinreichende Gründe, ist das Relikt einer schon seit 100 Jahren überwundenen Fehlinterpretation der Naturwissenschaften. Ich werde jedenfalls die mögliche Ursachenlosigkeit von Ereignissen für meine weiteren Ausführungen voraussetzen. Freiheit macht nur unter dieser Prämisse Sinn.

## Zufall und Freiheit

Erst wenn man den Determinismus ganz und gar abgeschüttelt hat, kann die Freiheit wieder selbstverständlich werden. Sie ist Teil unserer Wirklichkeit, eine Qualität des Lebens, ein Element unserer Existenz. Sie gibt es einfach, wie es Gedanken, die Temperatur oder das Licht gibt. So wie der Zufall an allen Vorgängen in der belebten und unbelebten Natur seinen Anteil hat, einmal mehr, einmal weniger, so haben die Lebewesen mehr oder weniger Anteil an der Freiheit. Wir schreiben Lebewesen Zustände zu, und zu den Eigenschaften solcher Zustände gehört die Freiheit. Man entlässt einen Vogel, der sich ins Haus verirrt hat, in die Freiheit. Man spürt die Freiheit nicht wie Kälte oder Schmerz, aber man reagiert auf den Mangel oder Überfluss dieser elementaren Bedingung unseres Daseins äußerst empfindlich. Zu viel und zu wenig davon können Gewalt, Angst oder Depression auslösen. Dem Gefühl der Freiheit lässt sich nicht immer trauen, aber eine Welt ohne Freiheit lässt sich nicht denken. Wäre denn zum Beispiel das Denken selbst ohne Freiheit möglich? Kann sich nicht jemand einfach Freiheit nehmen, außer man tötete ihn? Die Freiheit steht nicht zur Disposition, trotz der verbreiteten Zweifel unter Neurobiologen (vgl. Roth 2004; Singer 2006).

## Freiheit als Thema der Biologie

Nicht erst die Soziologie, Pädagogik, Ökonomie oder Jurisprudenz, sondern auch die Humanbiologie würde ihrem Gegenstand nicht gerecht werden, wenn sie die Freiheit im menschlichen Verhalten auszuklammern oder zu leugnen versuchte. Schon in der Verhaltensbiologie der Tiere lässt sich die Freiheit nicht übersehen. Im Gegenteil: Aus diesem Thema kann man Gewinn für die biologische Forschung ziehen. Ich will im Folgenden Beispiele aus der Gehirn- und Verhaltensforschung schildern, die schon bei Tieren die Freiheit als wesentliches Element des Verhaltens erkennen lassen. Vielleicht können meine Ausführungen dazu beitragen, unter Biologen und Gehirnforschern die verbreiteten Missverständnisse über Freiheit zu beseitigen. Wenn man den Determinismus nicht ganz abgeschüttelt hat, kann die Beschäftigung mit den Naturgesetzen leicht zu der Vorstellung führen, dass alles, was prinzipiell der naturwissenschaftlichen Betrachtung entgeht, nicht eigentlich Teil der Wirklichkeit sein könne. Aus dieser Einstellung resultiert m. E. oft die oben erwähnte Ablehnung der Freiheit unter Naturwissenschaftlern.

Das Argument gegen die Freiheit scheint mir etwa so zu lauten: Alles Abwägen von Gründen geschieht im Gehirn. Dort gibt es Nervenzellen, Botenstoffe und Ionenströme. Was man mit diesem Inventar im Prinzip machen kann, wissen wir schon. Es kommen dabei nur Verursachungen vor, und sollte aufgrund der Quantenmechanik doch einmal etwas unverursacht geschehen, so wäre das der reine Zufall. Aber weder verursachte Handlungen noch solche, die durch einen Zufallsprozess im Gehirn ausgelöst wurden, bezeichnen wir als frei. Und etwas Drittes gibt es nicht. Zwischen Gesetzmäßigkeit und Zufall ist kein Platz für etwas Drittes. Wenn es nicht die Gründe sind, die einer der Handlungsalternativen den Zuschlag verschaffen, kann es nur der Zufall sein.

## Das Erlebnis der Freiheit ist keine Illusion

Wer die Freiheit im Verhalten ablehnt, bezeichnet das Erlebnis der Freiheit in der Regel als Illusion (Wegner 2002). Illusionen kennen wir zum Beispiel aus Zaubervorstellungen oder aus der Sinnesphysiologie. Dort spielen sie eine wichtige Rolle. Wir bezeichnen die Deutungen von eigenen Erfahrungen als Illusionen, wenn sie im Widerspruch zu einem großen in sich konsistenten Verbund anderer Erfahrungsdeutungen stehen. So zum Beispiel die Halluzinationen, die sich mit unzähligen Erfahrungen anderer, wie auch mit anderen Erfahrungen der Patienten selbst, nicht in Einklang bringen lassen. So wird auch nicht das Erlebnis der Freiheit in Frage gestellt, sondern seine Deutung als wirkliche Freiheit in unseren Handlungen. Aber mit welchen anderen Erfahrungsdeutungen sollte die der relativen Handlungsfreiheit im Konflikt stehen? Die Erfahrung, dass nichts ohne Gründe geschehe, kann hier sicher nicht angeführt werden. Sie gibt es nicht. Das entsprechende Postulat ist ein theoretisches Konstrukt des 19. Jahrhunderts.<sup>2</sup> Wir erleben oft Ereignisse ohne hinreichende Gründe und die Physik bescheinigt uns seit der Quantenmechanik, dass das keine Illusion sein muss. In Wirklichkeit ist die überwältigende Erfahrung, dass wir fast immer ohne hinreichende Gründe handeln. Unser Verhalten ist so „fehlerfreundlich“, dass selbst ein völlig unvorhersehbarer neuer Grund im letzten Moment noch berücksichtigt werden kann. So zufallsdurchtränkt wie die Ergebnisoffenheit ist auch schon das Abwägen von Gründen. Die Erfahrung von relativer Handlungsfreiheit kann also nicht als Illusion eingestuft werden, weil es keinen anderen Erfahrungsschatz gibt, zu dem sie in Widerspruch steht.

---

<sup>2</sup> Ältere theologische Vorstellungen der Allmacht Gottes seien hier übergangen, so interessant sie in diesem Zusammenhang auch sind.



## Naturgesetze und Einmaligkeit

Die Naturgesetze sind nicht die Natur. Unser persönliches Dasein ist ein existenzielles Ereignis, ein Einzelfall. In den Umständen, in denen wir leben, sind wir mit der Bewältigung von lauter Einzelfällen beschäftigt. Unsere Wahrnehmungen und Gefühle, unsere Gedanken und Erinnerungen, unser Bewusstsein und unsere Freiheit sind zunächst solche singulären Lebensmomente. Sie gibt es einfach, wie es diesen Baum und jenen Bach, diese Wolke oder den Abendstern gibt. Das ist der metaphysische Hintergrund, vor dem sich das Dasein abspielt. Untrennbar davon, aber doch erst in zweiter Linie, können wir unser Dasein reflektieren, unsere Erfahrungen in Begriffe fassen, darüber nachdenken, miteinander reden und schließlich auch Wissenschaft betreiben.

Selbst wenn in der naturwissenschaftlichen Mikroanalyse der Handlungsfreiheit nur Verursachungen und Zufälle auftreten, ist die Handlungsfreiheit deswegen nicht weniger wirklich. Auch bei der Mikroanalyse der Temperatur finden wir nur die Bewegung von Atomen und Molekülen. Wer würde behaupten, dass es die Temperatur deswegen *in Wirklichkeit* nicht gäbe. Dann könnte man uns ja auch den Schmerz ausreden, der ja „in Wirklichkeit“ nur eine Kette physiologischer Vorgänge im Gehirn sei. Handlungen können in Wirklichkeit unfreie und freie Handlungen sein.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass viele Menschen immer noch eine Verletzung der Physik als notwendige Bedingung von Handlungsfreiheit ansehen. Es macht m. E. keinen Sinn anzunehmen, wir könnten mit jedem Willensakt die Physik aus den Angeln heben. Mir ist noch kein seriöser Gehirnforscher begegnet, der zur Begründung der Handlungsfreiheit im Gehirn nach Verletzungen der Physik sucht. Wir nehmen immer nur Verursachungen und Zufälle an. Eine Verletzung der Physik ist, wie gesagt, seit der Quantenmechanik nicht mehr nötig.

Um diese kurze Positionierung zusammenzufassen: Die Willensfreiheit lässt sich nicht durch naturwissenschaftliche Befunde im Gehirn widerlegen. Freiheit hat mit Risiko und Möglichkeit zu tun. Es geht darum, dass wir, die Akteure, existenzielle Subjekte sind. „Bin so frei!“ sagt der Wiener.

Was ist diese Qualität menschlichen Verhaltens, die wir Freiheit nennen? Ich will vier Aspekte nennen: Die *Urheberschaft*, das *Wollen*, die *Entscheidung* und die *Gedankenfreiheit*. In der Verhaltensbiologie oder Bio-Psychologie können alle diese Aspekte untersucht werden. Es versteht sich, dass wir im Gehirn immer nur Verursachungen und Zufälle am Werk finden werden, vermutlich in faszinierendem Zusammenspiel. Dieses Zusammenspiel könnte sich bei der ergebnisoffenen Abwägung von Gründen in menschlichen Angelegenheiten als unentwerrbar erweisen. Ich will aber auch nicht bei den Psychologen „wildern“, sondern lieber Beispiele aus *meinem* Erfahrungsbereich bringen – der Gehirnforschung an der Fliege *Drosophila*.

Zwei so wichtige Elemente unserer Freiheit wie die *Urheberschaft* und die *Entscheidung* findet man schon bei den niederen Tieren.

## Urheberschaft

Würde nichts ohne hinreichende Ursachen geschehen, wäre es unsinnig, jemandem Urheberschaft zuzuschreiben. Wo sollte man die unendliche Kette der Verursachungen durchtrennen? Ist jedoch die Ursachenlosigkeit erst einmal zugestanden, können die Gründe vollständig im jeweiligen Individuum liegen. Mit dieser theoretischen Klarstellung wollen wir uns dem raffinierten Gemisch von Gründen und Zufällen zuwenden, das wir Urheberschaft nennen. Dazu muss ich weit ausholen.

Die Gene sichern den Entwicklungsweg vom befruchteten Ei bis zum ausgereiften Gehirn. Viele Gene sind dabei unentbehrlich, ohne sie bricht die Entwicklung zusammen. Man kann vom genetischen Entwicklungsprogramm sprechen, wenn man dabei zum Beispiel an das Programm eines Kindergeburtstags denkt. Der Ablauf muss immer wieder kontrolliert, gebündelt, stabilisiert und mit Information versorgt werden. Im genetischen Programm der Gehirnentwicklung gibt es aber auch Flexibilität und Freiräume. Eine durch einen Unfall abgestorbene Nervenzelle kann unter Umständen durch eine andere ersetzt werden. Der Embryo passt sich frühzeitig an die jeweiligen Lebensumstände an und in jeder Entwicklung sorgen kleine und größere Zufälle für die Einmaligkeit des jeweiligen Lebewesens, selbst bei eineiigen Zwillingen mit gleichem Erbgut. Die Gene sind weitgehend dafür zuständig, dass aus dem Ei einer Meise wieder eine Meise entsteht, aus dem eines Finken ein Fink.

Im Zeitalter der Genomik haben die Gene viel von ihrem mystischen Flair verloren. Im Prinzip glauben wir zu verstehen, was die Gene für das Gehirn und das Verhalten leisten. Jedes Gen ist die Bauvorschrift für ein oder mehrere Proteine. Diese bestimmen direkt oder im Verbund mit dem Stoffwechsel die Eigenschaften der Zellen. Mit der Entstehung höherer Lebewesen haben die Zellen vielfältige Formen der Kommunikation untereinander entwickelt. Viele Nervenzellen sind zusätzlich auf besonders rasche Signalübertragung im Bereich von Millisekunden spezialisiert.

Eine der Errungenschaften dieser Kommunikation sind Nervennetze aus einigen Dutzend oder einigen tausend Zellen, die Sequenzen von Muskelaktivierungen programmieren können, die der Verhaltensforscher als Verhaltensmodule kennt, wie das Greifen des Säuglings, die Silben des Vogelgesangs oder die rhythmische Bewegung der Beine beim Laufen. Manche Module, wie der Herzschlag, dauern von der Embryonalzeit bis zum Tod. Andere, wie das Zuschlagen der Kiefer des Krokodils, dauern nur Bruchteile von Sekunden. Einige können parallel zueinander ablaufen, wie Gehen und Singen, einige verhindern sich gegenseitig, wie Schlafen und Klavierspielen, wieder einige schließen notwendig aneinander an, wie das Landemanöver

des Vogels, der nur so das Fliegen beenden kann, usw. Das Leben von Tieren und Menschen ist von Anfang bis Ende ein fortlaufendes Geflecht solcher Verhaltensmodule. Viele dieser Verhaltensakte sind stereotyp, wie die Lautmuster der meisten Insekten und vieler Vögel. Andererseits können auch Tiere schon lernen, Verhaltensmodule zu Sequenzen zusammensetzen und ihren Ablauf zu perfektionieren.

Andere Nervennetze kontrollieren das Auftreten und die Feinstruktur dieser Bausteine, indem sie zum Beispiel Hormone in die Körperflüssigkeiten oder Modulatoren direkt in das Nervensystem abgeben. Wieder andere bereiten die Kontrollnetzwerke mit vorverarbeiteten Daten auf ihre Kontrollfunktionen vor und passen das ganze System mittel- und langfristig den Umständen und den damit verbundenen wechselnden Erwartungen an die Zukunft an. Diese Kontrolle ist weich, das heißt sie verändert die Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten der Verhaltensmodule.

Eine der ursprünglichsten Wurzeln der Verhaltensfreiheit ist der hohe Grad der Autonomie von Lebewesen. Fast alle Prozesse, die in einem Organismus ablaufen, beziehen sich auf den Organismus selbst. Der Austausch mit der Umgebung erscheint im Vergleich dazu zweitrangig. Eine kleine Veränderung der Temperatur führt zu einer Fülle von Vorgängen im Organismus, die dafür sorgen, dass ihm daraus kein Nachteil erwächst. Organismen unterhalten Heerscharen von Schutzmaßnahmen gegen Fremdeinwirkung, nicht nur als Reaktionen, sondern auch als Vorsorge. Ein Beispiel für diese Autonomie ist die Fähigkeit, zwischen selbst- und fremdverursachten Sinnesreizen zu unterscheiden. Die Autonomie ist der entscheidende Grund, warum Organismen Urheber sein können. Sie können von sich aus Verhaltensmodule aktivieren, ohne Anstoß von außen. Für das Gehirn gilt in ganz besonderem Maße, dass es vorwiegend mit sich selbst beschäftigt ist. Diese initiale Aktivität werden wir gleich noch ausführlicher betrachten.

Hinsichtlich ihrer Verhaltensfreiheiten stellen autonome Wesen höchst spezifische Ansprüche an ihr Erbgut. Genetische Fehler können die Autonomie einschränken, die Menge der Verhaltensoptionen verkleinern, aber auch das Verhalten erratischer machen und damit die Qualität des Entscheidungsprozesses beeinträchtigen. Mit anderen Worten, unsere Gene ermöglichen einerseits überhaupt erst unsere Freiheit, andererseits begrenzen sie sie und können sie in krassen Einzelfällen auch weitgehend verhindern.

## Über die Freiheit des Ortes

Kaum etwas hat das Verhalten so sehr geformt wie die Fortbewegung im Raum. Als Hinweis auf die Verhaltensfreiräume, die sich durch die Fortbewegung aufbauen, wird Niels Bohr sinngemäß mit dem Ausspruch zitiert, man könne kein Auto bauen, das nur von Hamburg nach Bremen zu fahren in der Lage wäre. Die Freiheit des

Ortes geht vermutlich bis auf die Frühphase der Evolution zurück, als der Wettbewerb zwischen chemischen Verbindungen durch den Wettbewerb zwischen Membranbläschen abgelöst wurde, die frei im Wasser der Urmeere suspendiert waren. Die Tiere haben dieses Prinzip der örtlichen Ungebundenheit nicht aufgegeben, im Gegensatz zu den ortsfesten Pflanzen. Dadurch kann sich für die Tiere einerseits die Umgebung viel schneller und radikaler ändern als für Pflanzen, andererseits besitzen sie ein einzigartiges Mittel dieser Herausforderung zu begegnen: die aktive Fortbewegung. An die Freiheit des Ortes lassen sich die beiden Fragen „Frei wovon“ und „Frei wozu“ sinnvoll stellen. Tiere sind frei von einem bestimmten Ort, und sie sind in der Lage, Orte aufzusuchen. Die Struktur des Raumes bedingt, dass kleinste Unterschiede in der Richtung nach einer gewissen Zeit der Vorwärtsbewegung zu weit auseinander liegenden Orten führen.

Tiere sind im Prinzip aktiv, und nur deswegen können sie auch passiv sein. Unsere Sprache verfügt über eine aktive Form des Verbs, die in der Regel angibt, dass ein Wesen aus seiner Autonomie heraus und von sich aus initial etwas tut (Heisenberg 1983). Die Amsel pickt an einem Wurm, die Schildkröte springt ins Wasser. Unter dem Einfluss des Determinismus war aus der initialen Aktivität heimlich eine Reaktivität gemacht worden. Nach dem Motto: „Von nichts kommt nichts!“ hatte die Verhaltensforschung versucht, die initiale Aktivität als mangelndes Wissen des Beobachters wegzuerklären. Aber so wie heute noch die Motorik ihre Unabhängigkeit von der Sensorik dadurch dokumentiert, dass sie jener in der Entwicklung ein wenig vorausgeht, so war vermutlich auch in der Naturgeschichte die Entwicklung der Motorik von der Sensorik zunächst unabhängig, weil schon allein die Verbreitung im Raum aktive Mobilität evolutionär begünstigte. Wie dem auch immer gewesen sein mag, die initiale Aktivität ist ein Grundelement der Freiheit des Ortes und überhaupt der Verhaltensfreiheit.

Verhaltensmodule können, wie gesagt, ohne Anstoß von außen aktiviert werden (Heisenberg & Wolf 1979), was nicht heißt, dass diese Aktivierung keine physiologischen Ursachen hätte. Nur muss sie auch ein Element des Zufalls enthalten. Die Aktivierung antwortet nicht auf einen Reiz oder ein anderes Verhalten, sondern sucht nach einer Antwort, nach noch unbekanntem Wirkungen, die neue Möglichkeiten eröffnen. Verhalten *um zu...*, das nennt man im Fachjargon operant. Darunter fallen die verschiedensten Formen des Suchens und Ausprobierens. Operantes Verhalten gehört zu den elementarsten Grundlagen des Verhaltens überhaupt (Wolf & Heisenberg 1991).

Im Ausprobieren erklärt sich das Verhalten nicht aus seinen Ursachen, sondern aus seinen Konsequenzen. Das Tier muss seinen Zustand vor und nach dem Verhaltensakt mit einem erstrebten Zustand vergleichen. Verringert sich der Abstand zwischen dem aktuellen Zustand und dem erstrebten, setzt das Tier das Verhalten fort, ver-

größert er sich, bricht es das Verhalten ab und probiert etwas anderes. Beim Ausprobieren kann das Tier etwas über die Folgen seines Verhaltens lernen und damit unter Umständen später unangenehmen Situationen zuvorkommen. Diese Leistung wird operante Konditionierung genannt und kann bei *Drosophila* in den verschiedensten Versuchsbedingungen studiert werden.

## Entscheidung

Man kann der Meinung sein, schwierige moralische Entscheidungen treffen zu können sei eine rein menschliche, soziokulturelle Leistung. Wenn man hier die Betonung auf die Moral legt, mag das so zutreffen. Trotzdem muss gelten, dass unser Gehirn das Abwägen von Gründen ermöglicht. Wir können also – mit Blick auf eine mögliche Naturgeschichte der Freiheit – die Verhaltensbiologie fragen, was sie über die Entscheidung weiß. Die Antwort ist überraschend: Die Organisation der Entscheidung ist stammesgeschichtlich vermutlich so alt, dass wir sie fast überall im Tierreich vorfinden. Tiere können nicht nur Verhaltensmodule initial aktivieren, sondern auch Vorgänge im Gehirn, so zum Beispiel Repräsentationen der möglichen Folgen von Verhaltensoptionen, um sie mit möglichen Folgen anderer Verhaltensoptionen zu vergleichen. Ein Beispiel, aus dem hervorgeht, dass schon im *Drosophila*-Gehirn Verhaltensmodule angeborenermaßen mit ihren möglichen Konsequenzen repräsentiert sind, ist die sogenannte schnelle Phototaxis, die Flucht zum Licht.

Wenn nichts Dringendes ansteht, putzen Fliegen sich. Dabei spielen die Flügel eine wichtige Rolle; stäubt man sie ein, verlängert sich das Flügelputzen – Flugbereitschaft ist offenbar sehr wichtig. Warum rennen die Fliegen in engen, dunklen Röhren zum Licht, wenn man sie erschreckt? Vermutlich, weil sie dort wegfliegen können. Auf dem Boden, im Dunkeln lauert Gefahr. Sie verraten uns mit ihrer Flucht zum Licht, dass ihnen die Konsequenzen des eigenen Verhaltens „einprogrammiert“ sind. Diese Schlussfolgerung wird erst so richtig deutlich, wenn man die Flügel mit einem winzigen Tropfen Zuckerwasser oder Klebstoff zusammenklebt. Das Laufen wird dadurch nicht beeinträchtigt. Aber die Flucht zum Licht findet nicht statt. Egal wie man den Gebrauch der Flügel verhindert, durch Amputation, Mutationen in den Flugmuskel-Proteinen oder Blockade des Flugkontrollnetzwerks, wenn das Fliegen nicht funktioniert, flüchtet die Fliege nicht zum Licht, und sie hat auch keinen Anlass das zu tun (erwähnt in Heisenberg & Wolf 1984).

Entscheidungen setzen also offenbar initiale Gehirnaktivität voraus. Diese kann man bei *Drosophila* direkt sichtbar machen: Die Fliege kann zum Beispiel ihre Aufmerksamkeit selektiv auf bestimmte Stellen in ihrem Sehfeld lenken. Meist folgt sie mit ihrer Orientierung rasch nach. Aber das können wir experimentell verhindern. Im folgenden Versuch hängt sie starr an einem Messgerät, das die Drehmomente

aufzeichnet, mit denen sie im freien Flug ihre Rechts- und Linkskurven ausführen würde. Wenn man in dieser Situation links von der Fliege einen schwarzen Balken hin und her bewegt, versucht die Fliege dieser Bewegung mit charakteristischen Manövern zu folgen, die sich in den beiden Phasen, in denen der Balken sich mit der Flugrichtung der Fliege beziehungsweise gegen sie bewegt, unterscheiden. Wiederholt man das Experiment auf der anderen Seite, beobachtet man das entsprechende Verhalten, welches sich im Drehmoment natürlich spiegelsymmetrisch zeigt. Nun kommt der entscheidende Versuch: Wir präsentieren der Fliege jetzt zwei Balken, einen links, einen rechts, symmetrisch zur Mittelachse, und bewegen diese Balken im Gleichtakt hin und her, immer zusammen nach vorn und nach hinten. Was macht die Fliege? Sie bezieht sich mit ihren Flugmanövern eine Weile lang auf den einen Balken, dann auf den anderen. Sie blendet wechselnde Teile des Sehfeldes aus (Wolf & Heisenberg 1980). Das Fliegengehirn generiert also von selbst, das heißt unabhängig vom Verhalten und von spezifischen Sinnesreizen, hoch geordnete, verhaltensrelevante Aktivität.

## Ziele

Wenn Tiere ausprobieren, haben sie auch Ziele. Damit können Tiere, wie wir, Absichten und Wünsche, vielleicht auch in bescheidenem Maße Hoffnungen haben. Der Regenwurm probiert aus, wo er am besten durch das Erdreich dringt, der Vogel, ob ein neuartiges Material sich für sein Nest eignet. Dabei muss dem Vogel ein Ziel vorschweben, so primitiv diese „Vorstellung“ sein mag. Auch die Fliege *Drosophila* probiert aus, wie sie zum Beispiel eine bekömmliche Umgebungstemperatur finden oder ihren Flug stabilisieren kann. Das wird in einem Versuch besonders deutlich, der ursprünglich in der Humanpsychologie entwickelt worden ist und dort Berühmtheit erlangt hat.

Es ist das sogenannte Umkehrbrillen-Experiment. Die Probanden müssen eine Brille tragen, die zum Beispiel rechts und links vertauscht, und müssen damit zu leben lernen. Am Anfang des Experiments werden sie von Helfern geführt, bis sie in der Lage sind, die krassesten Fehler in ihrer visuomotorischen Koordination zu vermeiden. Stellen Sie sich vor, Sie trügen eine solche Brille. Sie stünden hier und wollten sich einer freundlichen Dame links von Ihnen zuwenden. Die sähen Sie jedoch mit der Umkehrbrille auf der rechten Seite und während Sie sich dorthin wendeten, verschwände sie rechts aus Ihrem Blickfeld. Das Experiment ist so berühmt, weil man sich an die Brille gewöhnt. Nach ein paar Tagen mit sehr unangenehmen Erlebnissen hört man auf, sich daran zu stören, dann merkt man nicht mehr, dass rechts und links vertauscht sind, außer wenn man danach gefragt wird, und schließlich, nach einer Woche, ist links wieder links und rechts rechts, selbst wenn

man auf die Brille aufmerksam gemacht wird. Was lehrt uns dieses Experiment? Zum Beispiel, dass die Wahrnehmung ein ganzheitlicher Vorgang ist. Der Sehsinn ist im Streben nach erfolgreicher Orientierung im Raum und nach Konsistenz der Summe der anderen Erfahrungen untergeordnet.

Mit den Fliegen kann man ein ganz ähnliches Experiment durchführen. Wir hängen sie wieder an besagtes Messgerät, wo sie sich nicht drehen können, ihre Drehversuche aber aufgezeichnet werden. Aber jetzt bauen wir das Messgerät zu einem Flugsimulator aus. Ein Computer errechnet aus den Messwerten, wie schnell sich die Fliege drehen würde, wenn sie frei wäre und bewegt das Panorama, in dem die Fliege hängt, entsprechend in die andere Richtung. Im Flugsimulator führt also ein Drehversuch nach rechts zu einer Drehung des Panoramas nach links und umgekehrt. Dann setzen wir der Fliege im Flugsimulator sozusagen die Umkehrbrille auf. Das geht mit einem einfachen Schalter in der Steuerungselektronik. Jetzt führt plötzlich ein Drehversuch der Fliege nach rechts zu einer Drehung des Panoramas ebenfalls nach rechts und damit passiert der Fliege das, was vorhin dem Herrn auf dem Podium mit der Dame im Zuschauerraum passiert ist. Die Fliege versucht, sich auf eine Landmarke zuzudrehen, und diese verschwindet auf der gleichen Seite nach hinten aus dem Blickfeld.

Auch die Fliege lernt, sich mit ihrer neuen Situation zu arrangieren und nach ca. 40 Minuten ist sie wieder „Herrin der Lage“ (Heisenberg & Wolf 1984). Sie hat gelernt, dass sie sich der Landmarke zuwenden kann, wenn sie das entgegengesetzte Flugmanöver macht, das sie normalerweise durchführen würde. Das konnte sie nur durch Ausprobieren herausfinden. Setzt man ihr die Umkehrbrille wieder ab, ist sie für einen kurzen Moment verwirrt, kehrt dann aber rasch in ihre normale Verhaltensweise zurück. Auf die Frage, wo im Gehirn die initiale Aktivität entsteht, die dem Tier das Ausprobieren ermöglicht, sind wir noch auf Spekulation angewiesen. Im Verdacht steht jedoch eine Region in der Mitte des Gehirns, der sogenannte Zentralkomplex.

Wie reagiert eine Fliege, der man die Entscheidung schwer macht? Fliegen im Flugsimulator wurden mit Bestrafungen konditioniert, bestimmte Flugrichtungen relativ zu Landmarken zu vermeiden. Die Landmarken unterschieden sich durch ihre Form und ihre Farbe. Ein blaues „T“ etwa war „gefährlich“, ein umgedrehtes grünes „T“ „sicher“. Das konnten die Fliegen rasch lernen, und schon eines der beiden Parameter, Form oder Farbe, reichten aus, der Fliege die sichere Flugrichtung zu weisen. Nun wurden aber für den Test die Formen und Farben umgekehrt kombiniert (Tang & Guo 2001). Auf einmal waren die aufrechten Ts grün und die umgedrehten blau. Was tun? Die Fliegen entschieden sich einmal so, das nächste Mal anders. Das Experiment war so eingerichtet, dass im Mittel alle Fliegen zusammen in ihrem Verhalten die erwartete Pattsituation widerspiegeln. Das eigentlich Interessante an diesem

Experiment zeigte sich, als die Wissenschaftler die Reizstärke der Formen oder Farben im Test variierten. Sobald die Farben auch nur eine Nuance weniger rein waren, richteten sich die Fliegen nach den Formen, wenn dagegen die Formen auch nur eine Spur weniger unterschiedlich waren, richteten sich die Fliegen nach den Farben. Entgegen aller Erfahrungen aus früheren Versuchen zogen die Fliegen in diesem Konfliktfall auf einmal die Reizstärken der Testmuster für ihre Entscheidung mit heran. Die Zuverlässigkeit der Reize, die ohne die Pattsituation fast belanglos gewesen wäre, bekam eine entscheidende Bedeutung. Dieses Beispiel beleuchtet ein Funktionselement der Entscheidung, das sich offenbar bei Fliegen wie Menschen findet: In schwierigen Entscheidungssituationen werden weitere Kriterien in die Abwägung einbezogen. Man kann ahnen, welche interessanten Zusammenhänge uns erwarten, wenn wir eines Tages in die Verhaltensbiologie der Entscheidung tiefer eindringen können. Man wird die wichtigsten Kriterien finden, die die Philosophen an eine freie Entscheidung stellen: Keine Fremdbestimmung und keine unmittelbaren Sachzwänge, das heißt es muss Verhaltensoptionen mit hinreichend günstiger Prognose geben. Zu einer freien Entscheidung gehört auch, dass sie ohne zu große Fehler und Nachlässigkeiten in den Abwägungsvorgängen zustande kommt.

## **Andere Verhaltensfreiheiten des Menschen**

Andere Verhaltensfreiheiten – wie das Wollen und die Gedankenfreiheit – habe ich hier ausgeklammert. Beide fallen nicht in meine Fachkompetenz. In beiden wird ein anderes Verhaltenselement zentral, der soziale Bezug. Wenn wir nach dem „Frei wovon“ und „Frei wozu“ fragen würden, müssten wir über die Beziehungen in der Gruppe und in größeren Sozietäten reden. Aber beide Themen zeigen die Wucht, die von dem in die Welt gesetzten Verhaltensakt ausgehen kann. Des Menschen Wille ist sein Himmelreich. Er versetzt Berge. Die Trennung von Wollen und Tun wird schon bei unseren Haustieren deutlich, beispielsweise wenn eine Katze sich überlegt, ob sie auf eine Mauer springen soll. In der Sozietät ist der Wille des Einzelnen zunächst nur eine Stimme in einem Konzert von Willensäußerungen. Um seinen Willen durchzusetzen, muss man sich in dieses Kräftespiel einfügen. Wer seinen Willen in der Gruppe durchgesetzt hat, trägt eine erhöhte Verantwortung für das Gelingen der gemeinsamen Aktion. Das Wollen ermöglicht einem die nachträgliche (wenn auch nicht reale, so doch mentale und soziale) Revision der Entscheidung. Man kann unterscheiden, was man tun wollte und was man getan hat. Genauer: In der Rekapitulation der Handlung verschafft einem die Trennung von Wollen und Tun die Möglichkeit, die Entscheidung im Licht ihrer Konsequenzen noch einmal zu vollziehen.



Wieder ein ganz neues Kapitel ist die Gedankenfreiheit. Philipp II. meinte zu wissen, warum er in seinem Reich keine Gedankenfreiheit zulassen konnte. Einmal in die Welt gesetzt, lassen sich Gedanken unter Umständen nicht mehr unterdrücken. Aber die meisten hinterlassen kaum eine Spur, sind verflogen, noch ehe sie zur Rede gerinnen konnten. Wie frei sind Gedanken? Woher kommen sie? Woher kommt der Einfall, von dem der, der ihn hat, selbst überrascht wird? Gibt es Gesellschaften, in denen zwar Meinungsfreiheit, aber keine Gedankenfreiheit herrscht? Beide Themen, die Willens- und die Gedankenfreiheit, könnten wie die Entscheidungsfreiheit zentrale Themen der Gehirn-, Verhaltens- und Psychobiologie sein.

## Zusammenfassung

In der Freiheit finden wir uns vor. Wir können versuchen, die biologischen Voraussetzungen dieses Befundes zu verstehen. Die Diskussion der letzten Jahre über Handlungs- und Willensfreiheit ist von den Nachwirkungen des Determinismus geprägt. Meine Pointe ist, dass wir mit der Überwindung des Determinismus nicht mehr um die Ursachenlosigkeit im Verhalten kämpfen müssen, sondern gerade das äußerst subtile Gefüge von Ursachen und Zufällen zum Thema machen können. Freiheit ist möglich, weil sie der Physik und Chemie des Gehirns nicht widerspricht. Als Beispiele für Verhaltensfreiheiten habe ich *Urheberschaft*, *Wollen*, *Entscheidung* und *Gedankenfreiheit* erwähnt, mich dann aber nur mit der Urheberschaft und der Entscheidung beschäftigt. Die Urheberschaft verdankt sich dem hohen Autonomiegrad tierischer Organismen. Die Entscheidung ist dadurch gekennzeichnet, dass dem Individuum Verhaltensoptionen offen stehen, zwischen denen es selbst abwägen muss. Abwägen zwischen Verhaltensoptionen bedeutet, dass die möglichen Folgen der zur Verfügung stehenden Verhaltensweisen repräsentiert, aktualisiert, verglichen und bewertet werden und dass die initiale Aktivierung des Verhaltens von dieser Abwägung abhängig gemacht wird. Die Entscheidungsfreiheit ist eine Freiheit *von* Fremdeinflüssen, die *für* eine verantwortliche Güterabwägung genutzt wird. Alle diese Eigenschaften kann man im biologischen Zusammenhang diskutieren und an Tieren beobachten. In der allgemeinen Organisation tierischen Verhaltens zeigen sich die Urheberschaft und die Grundelemente der Entscheidung. Schon niedere Tiere sind initial aktiv und können ausprobieren. Sie haben Ziele und Verhaltensoptionen, die in ihrem Gehirn durch ihre möglichen Folgen repräsentiert sind. Freiheit ist überall im Verhalten von Tieren und Menschen zu entdecken. Sie ist für die Organisation des Verhaltens so wichtig, dass die Verhaltensforschung nicht umhin kann, sie zu thematisieren, auch wenn die Freiheit uns dabei auf der Mikroebene nur in unpersönlicher Verkleidung als Zufall entgegentritt. Die naturwissenschaftliche Erforschung der (naturalisierten) Freiheit wird unser Erleben der Freiheit beeinflussen. Wir werden klarer sehen, was Handeln frei macht.

## Bibliographie

- Heisenberg, Martin (1983): Initiale Aktivität und Willkürverhalten bei Tieren. In: *Naturwissenschaften* 70, S. 70–78.
- Heisenberg, Martin & Reinhard Wolf (1979): On the Fine Structure of Yaw Torque in Visual Flight Orientation of *Drosophila melanogaster*. In: *Journal of Comparative Physiology A* (130), S. 113–130.
- Heisenberg, Martin & Reinhard Wolf (1984): *Vision in Drosophila*. Genetics in Microbehavior, Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Roth, Gerhard (2004): Das Problem der Willensfreiheit aus Sicht der Hirnforschung. In: *Debatte 1, Zur Freiheit des Willens*, S. 83–92.
- Singer, Wolf (2006): Neurobiologische Anmerkungen zum Freiheitsdiskurs. In: *Debatte 3, Zur Freiheit des Willens II*, S. 17–26.
- Tang, Shiming & Aike Guo (2001): Choice Behavior of *Drosophila* Facing Contradictory Visual Cues. In: *Science* 294, S. 1543–1547.
- Wegner, Daniel M. (2002): *The Illusion of Conscious Will*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Wolf, Reinhard & Martin Heisenberg (1980): On the Fine Structure of Yaw Torque in Visual Flight Orientation of *Drosophila melanogaster* II. Visual Attention. In: *Journal of Comparative Physiology A* (140), S. 69–80.
- Wolf, Reinhard & Martin Heisenberg (1991): Basic Organization of Operant Behavior as Revealed in *Drosophila* Flight Orientation. In: *Journal of Comparative Physiology A* (169), S. 699–705.



## Entscheiden mit implizitem Wissen<sup>1</sup>

Das Gehirn verfügt über viele Wissensformen. Für Geisteswissenschaftler ist es selbstverständlich, dass das Wissen bewusst zugänglich ist und in Sprache ausgedrückt wird (deklaratives bzw. explizites Wissen). Dies ist aber nur eine Wissensform. Eine Fülle von anderen Wissensformen wird als implizites Wissen bezeichnet, all jenes Wissen, das dem Menschen nicht bewusst zugänglich ist, über das auch Tiere verfügen und das unser Verhalten (inklusive unseres Denkens und unserer Emotionen) in hohem Maße bestimmt. Ich stelle hier die Frage: Was leistet das implizite Wissen und in welchem Bezug steht es zum expliziten Wissen? Wie ist es organisiert und wie steuert es Verhalten so, dass zwischen zwei oder mehreren Optionen entschieden wird? Auf welchen Ebenen der Kognition spielen sich Operationen an implizitem Wissen ab? Es wird sich herausstellen, dass es angemessen ist, Begriffe wie Planen, Wählen, Entscheiden nicht auf explizites Wissen zu beschränken. Dies ist für unser Nachdenken über die Naturgeschichte der Freiheit in zweierlei Hinsicht von eminenter Bedeutung. Einmal wird die Vorstellung korrigiert, dass nur bewusst werdende Vorgänge unsere Entscheidungen bestimmen. Zum anderen werden die bewusst werdenden Entscheidungen in eine Kontinuität neuronaler Vorgänge eingebettet, für die eine Dichotomie zwischen „freien“ bewussten Entscheidungen und „unfreien“ vorbewussten Entscheidungen wenig Sinn macht.

Um die Radikalität meines Ansatzes gleich zu Anfang deutlich zu machen: Meine Argumente werden mich dazu führen, die Differenzierung in implizites und explizites Wissen als eine vorübergehende, pragmatische und nicht grundsätzliche Unterscheidung von Wissensformen zu betrachten. Das hat weitreichende Folgen. So entfällt dann auch die häufig zitierte Unterscheidung zwischen leichten und schweren Problemen bei der Suche nach den Ursachen und Prozessen des Bewusstseins. Aller-

---

<sup>1</sup> Wiederabdruck des Beitrags von Randolph Menzel in Naturgeschichte der Freiheit, hrsg. von Jan-Christoph Heilinger, Berlin, New York 2007, S. 75–93.

dings werde ich ebenfalls aus pragmatischen Gründen statt von „dem bewusst werdenden Teil der Gehirnarbeit“ abgekürzt von „Ich“ reden.

Die Unterscheidung zwischen implizitem und explizitem (deklarativem) Wissen, die in der kognitiven Neurowissenschaft heute eine zentrale Rolle spielt, hat ihre Wurzeln im 19. Jahrhundert und begann mit der Einsicht von Johannes Müller, wonach für jede Erfahrung eine für das betreffende Sinnessystem spezifische neuronale Leitungsbahn zuständig ist (er nannte das die „spezifische Nervenenergie“). Sein Schüler Hermann von Helmholtz, der als erster die Leitgeschwindigkeit der Aktionspotentiale maß, erklärte für den Sehsinn, dass ein Großteil der geistigen Prozesse, die mit der visuellen Wahrnehmung und dem Handeln zusammenhängen, auf unbewusster Ebene stattfinden. Diesen Gedanken griff Sigmund Freud in seinen Traumdeutungen auf und machte ihn zur zentralen Prämisse seiner psychoanalytischen Theorie. Der englische Psychologe William James unterschied in seinem klassischen Lehrbuch *The Principles of Psychology* zwischen Gewohnheiten (unbewusstes, mechanisches, reflexhaftes Handeln) und Gedächtnis (bewusstes Handeln aus der Kenntnis der Vergangenheit) (James, 1981). In der Mitte des 20. Jahrhunderts führte der Philosoph Gilbert Ryle die Unterscheidung zwischen „Wissen wie“ (Kenntnis von Fertigkeiten) und „Wissen was“ (Kenntnis von Fakten und Ereignissen) ein (Ryle 1969). Für die heutige Begriffsbestimmung, wie sie in der Neurowissenschaft verwendet wird, ist die von Squire und Schacter vertretene Differenzierung bedeutsam, in der zwischen bewusst erlebtem Erinnern (explizites oder deklaratives Gedächtnis), das sich beim Menschen auf Orte, Objekte, Fakten und Ereignisse bezieht, und unbewusstem Erinnern (implizites oder prozedurales Gedächtnis), das Habituation, Sensitivierung, Konditionierung, Wahrnehmungs- und Bewegungsfertigkeiten umfasst, unterschieden wird (Squire 1987; Schacter 1999). Diese Begriffsbestimmungen wurden wesentlich geprägt durch Analysen neurologischer Patienten wie dem Patienten H. M. (Milner et al. 1998), bei denen die Bildung des bewusst werdenden Langzeitgedächtnisses in Folge einer Zerstörung des Hippocampus beeinträchtigt ist, aber das prozedurale Gedächtnis nicht gestört ist. Letzteres beruht auf Funktionen anderer Gehirnstrukturen wie zum Beispiel der Amygdala beim Furchtlernen oder dem Striatum und Kleinhirn beim motorischen Lernen. Auf der Grundlage solcher Struktur-Funktionsbeziehungen lässt sich dieses Begriffspaar auch auf Säugetiere (und über evolutive Argumente auf Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische) anwenden.

Ich werde in meinem Beitrag unter implizitem Wissen all jene Wissensformen subsumieren, die beim Menschen unbewusst bleiben (oder wieder unbewusst werden, wie das bei vielen automatisierten Wahrnehmungs- und Bewegungsleistungen der Fall ist), und über die auch Tiere verfügen. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass ich mich zuerst in die Denkweise der Neurobiologie einklinken kann und die Frage

erst einmal offen lasse, ob es einen prinzipiellen Unterschied zwischen Handeln mit implizitem oder explizitem Wissen gibt. Ich werde am Ende meiner Ausführungen schließen, dass ich keine erkenntnistheoretisch begründbaren Argumente für eine solche Unterscheidung sehe. Die Begrifflichkeit erscheint mir ausschließlich pragmatischer Natur, so etwa wie in der Neurowissenschaft zwischen Willkürmotorik und nicht-willkürlicher Motorik unterschieden und dann gezeigt wird, dass damit auf die unterschiedliche Beteiligung von Gehirnarealen Bezug genommen wird. Das Gehirn mit seinem impliziten Wissen passt Verhalten an neue Bedingungen an, erwartet zukünftige Ereignisse und wählt Wahrnehmungs- und Handlungsweisen entsprechend den erwarteten Zuständen aus mehreren Optionen aus. Dabei lernt das implizite Wissenssystem (fügt also neues Wissen dem Gedächtnis zu), selektiert innere und äußere Zustände und entscheidet, ohne dass uns von all dem etwas bewusst wird. Hierbei verwende ich die Begriffe „Erwarten“, „Selektieren“, „Wählen“, „Entscheiden“ nicht im übertragenen oder metaphorischen Sinne, sondern genau so wie die Begriffe es in ihrer ursprünglichen Aussage ausdrücken: nämlich, dass da ein „Etwas“ ist (das sind natürlich Teile des Gehirns und ihre Verschaltungen), das die relevante Information gespeichert hat, diese situationsgerecht aufruft, über eine Ebene zur Verhandlung zwischen erwarteten und bewerteten Optionen verfügt und Wahrnehmungen wie auch Handlungen steuert. Im Verlaufe meines Beitrages wird deutlich werden, warum es mir gerechtfertigt erscheint, diese Begriffe ohne Einschränkung auf das implizite Wissen anzuwenden. Ich werde am Schluss auf diese Frage nochmals eingehen.

## 1 Informationsquellen des impliziten Wissens

Stellen Sie sich folgende Situation vor: Sie gehen eine Treppe hinunter, plötzlich erschrecken Sie, weil Sie ins Leere treten. Viel später als Ihr Körper (Gehirn, Muskel), der dem drohenden Stolpern und Hinfallen entgegengewirkt hat, wird Ihnen bewusst, dass „Sie“ keine weitere Treppenstufe erwartet hatten, dass da aber eine war und „Sie“ deshalb fast gestürzt wären, hätten „Sie“ nicht eine geschickte und schnelle Ausweichbewegung gemacht. Allerdings wird Ihnen das erst bewusst, nachdem der ganze Vorgang längst abgelaufen ist und der Schrecken Ihnen in die Glieder gefahren ist. Ihr bewusstes „Ich“ war an dem ganzen Vorgang nicht beteiligt, weder beim Erwarten der weiteren Stufe noch bei den schnellen Ausweichbewegungen. Erst der Schrecken und der Rückblick auf das gerade Geschehene werden Ihnen bewusst.<sup>2</sup> Wo kam also die Information über die Erwartung der weiteren Treppenstufe

---

<sup>2</sup> An dieser Stelle möchte ich das gerade Gesagte in der unpraktischen Formulierungsweise wiederholen, weil sie zutreffender wäre: Der Körper und sein Gehirn gehen eine Treppe

her und was hat die schnellen Bewegungen gesteuert? Natürlich war es Ihr Nervensystem, das aufgrund vorangegangener Lernerfahrungen all die komplexen Vorgänge beim Treppensteigen erlernte und die entsprechenden Prädiktionen für die nächsten Bewegungsabfolgen und Sinneserfahrungen erzeugte. Auch die schnellen Ausweichbewegungen hat Ihr Nervensystem mit rasanter Geschwindigkeit und zum Vorteil für Ihre Knochen generiert.

Verhaltensbiologen haben in den letzten 150 Jahren Begriffssysteme entwickelt, mit denen die Quellen der Information, die für die Verhaltenssteuerung eingesetzt werden, erfasst werden. Ethologen betonen die angeborenen Verhaltensweisen, die Auslösemechanismen, die unbedingten Reflexe, die rhythmischen Koordinationen, die genetische/phylogenetische Vorbereitung von Lernvorgängen und die Spontaneität der Verhaltensgenerierung nach inneren Bedürfnissen. All diese Quellen der Information können wir als das „phylogenetische Gedächtnis“ zusammenfassen, jenes Gedächtnis, das im Verlaufe der Evolution der Spezies zukommt und das Gehirn mit Information ausstattet bevor individuelles Lernen einsetzt, und das auch Anweisungen enthält, wie und was gelernt werden kann. Pavlov in Russland und die experimentellen Psychologen in Amerika (erst Thorndike, dann Skinner, Hull und andere) betonten den Informationsgewinn durch assoziatives Lernen. Stimuli und eigene Verhaltensweisen werden durch diesen Vorgang mit prädikativer Stärke ausgestattet, die von der Kontiguität (der zeitlichen Paarung der Ereignisse) und der Kontingenz (der Wahrscheinlichkeit ihrer Paarung) abhängt. Damit dieses „Individualgedächtnis“ erweitert werden kann, bedarf es einer Abweichung von der Erwartung: Nur das, was nicht bereits sicher erwartet wird (vom Individualgedächtnis sicher vorhergesagt wird), wird gelernt (Rescorla & Wagner 1972). Diese *Differenzregel* stellt die Grundlage für außerordentlich starke Theorien der Verhaltensgenerierung dar, die zunehmend mit neuronalen Mechanismen untermauert werden (Schultz 2006). Grundlage dieser Theorien ist die Annahme, dass jede Verhaltensweise mit Bezug auf den erwarteten Effekt generiert wird, also vor ihrer motorischen Verwirklichung „innerlich verhandelt“ wird. Bei einfachen Handlungsabläufen ist dies ein

---

hinunter, plötzlich erschrickt der bewusst werdende Teil des Gehirns, weil der Körper ins Leere getreten ist. Die Diskrepanz zwischen Erwartungszustand des Gehirns und tatsächlichem Zustand der Welt wurde von dem nicht bewusst machenden Teil des Gehirns schnell reguliert, der Körper wurde am Abstürzen mit einer schnellen Ausweichbewegung gehindert und erst viel später hat der bewusst machende Teil des Gehirns die unzutreffende Vorhersage des nicht bewusst machenden Gehirns als Schrecken registriert. Es ist offenkundig, warum wir mit dem jetzigen Kenntnisstand der Neurowissenschaften und der Art der sprachlichen Mitteilung die pragmatische Formulierung mit Bezug auf ein „Ich“ wählen.

neuronales Signal, das als Efferenzkopie (eine Kopie derjenigen neuronalen Erregungsmuster, die an den motorischen Apparat geschickt werden) die zu erwartende sensorische Konstellation *nach* Ausführen der Handlung bereits enthält, vom zentralen Nervensystem generiert wird und an neuronale Instanzen geschickt wird, in denen es mit den später sich tatsächlich einstellenden sensorischen Rückmeldungen verglichen wird. Für komplexere Verhaltensweisen ist die Ebene der „inneren Verhandlung“ das Arbeitsgedächtnis, auf das ich unten eingehe.

„Inneres Verhandeln“ auf der impliziten Ebene spielt auch bei der spontanen Generierung von Verhaltensweisen eine Rolle. Die Konzepte der experimentellen Psychologen der amerikanischen Schule sind letztlich daran gescheitert, dass sie die Spontaneität der Verhaltensgenerierung durch das Nervensystem ignorierten oder unterbewerteten. Gehirne produzieren sinnvolle Verhaltensweisen auch ohne äußere Auslöser, mögen dies so einfache Bewegungsabfolgen wie rhythmische motorische Muster, erhöhte Sensibilität für bestimmte sensorische Eingänge oder gerichtete Aufmerksamkeit sein. Hier soll nicht der Frage nachgegangen werden, welche Ursachen diese Spontaneität des Gehirns hat, obwohl dies eine spannende Thematik wäre und sich zeigen ließe, dass es keinen Grund gibt, vom „radikalen Physikalismus“, wie ihn Alfred Gierer in seinem Beitrag im Humanprojekt vertreten hat, abzuweichen. Entscheidend für unsere Argumentation ist, dass solche spontanen Aktionen und Wahrnehmungseinstellungen jeweils der aktuellen inneren wie äußeren Situation des Menschen/Tieres angemessen sind, dass also auch diese „innerlich verhandelt“ werden bevor sie sich auswirken und dass sie durch Vergleich zwischen Erwartung aufgrund des vom Nervensystem generierten Signals und den Rückmeldungen aus Umwelt und Körper angepasst werden.

Zwei Prinzipien wirken zusammen, um sinnvolles und eindeutiges Verhalten und Wahrnehmung zu erzeugen, das oben genannte Prinzip der Efferenzkopie und das der lateralen Hemmung, auf beide werde ich noch eingehen. Im hungrigen Zustand zum Beispiel werden Erwartungsbilder (-gerüche, -töne) für die Ernährung vom Gehirn generiert, diese werden dann besonders sensibel und differenzierend wahrgenommen und von anderen Eindrücken durch spezifische Hemmung hervorgehoben. Andere Wahrnehmungs- und Verhaltensoptionen werden durch laterale Hemmung unterdrückt. Diese Mechanismen sind zielorientiert, enthalten also Informationen über die erwarteten Umweltereignisse, werden vom Gehirn als Prädiktionen zukünftiger Ereignisse erzeugt, und alle Abweichungen in der Umwelt werden durch Differenzbildung zur Efferenzkopie selektiv verstärkt.



## 2 Wie wird mit implizitem Wissen entschieden: Die Rolle des Arbeitsgedächtnisses

Oben habe ich zwischen phylogenetischem und individuellem Gedächtnis unterschieden. Für die neuronalen Mechanismen der Informationsspeicherung ist diese Differenzierung nicht bedeutsam. Für die Verhaltenssteuerung über implizites Wissen ist es eher nebensächlich, ob die Inhalte des Gedächtnisses mehr oder weniger aus dem phylogenetischen oder individuellen Gedächtnis stammen, da die neuronalen Mechanismen, die für die Speicherung und Nutzung im Nervensystem von Bedeutung sind, sich, nach all dem, was wir wissen, nicht grundlegend unterscheiden. Im obigen Beispiel der unerwarteten Stufe stammt die Erwartung aus dem Individualgedächtnis, während die schnellen Schutzreaktionen überwiegend mit Informationen aus dem phylogenetischen Gedächtnis gesteuert werden. Was uns von all dem im Nachhinein bewusst wird, hängt nicht davon ab, aus welcher Informationsquelle die Reaktionen gesteuert wurden (allerdings wird es Bereiche des phylogenetischen Gedächtnisses und des frühkindlichen, erworbenen Gedächtnisses geben, die uns nicht bewusst zugänglich sind, ebenjene, die Sigmund Freud so nachhaltig beschäftigt haben). Ich werde daher im Weiteren von „dem“ Gedächtnis sprechen und darunter einen Informationsspeicher verstehen, der sich aus phylogenetisch und individuell erworbener Information speist.

Das Gedächtnis ist keine einheitliche Funktion und hat keinen einzelnen Ort im Gehirn. Vielmehr stellt es eine dynamische Eigenschaft des Nervensystems dar. Für unsere Gedankengänge sind folgende Eigenschaften bedeutsam: (1) Gedächtnis entsteht durch Lernvorgänge, in die phylogenetisches Gedächtnis mit eingeht (nicht alles kann gelernt werden; bestimmte Lernvorgänge führen schnell, andere nur sehr langsam zur Gedächtnisbildung, in manchen Entwicklungsphasen kann ein Gedächtnis rasch und effektiv gebildet werden, in anderen nicht). (2) Die Gedächtnisbildung ist ein dynamischer Vorgang, in dem sich die selbstorganisierende Funktion des Nervensystems ausdrückt. Dies spiegelt sich in der zeitlichen Aufeinanderfolge von Kurz-, Mittel- und Langzeitgedächtnis wider, denen verschiedene physiologische Mechanismen und unterschiedliche Orte im Gehirn zukommen, und während deren die Gedächtnisinhalte sowohl hinsichtlich ihrer Stabilität wie auch hinsichtlich ihrer Inhalte verändert werden. (3) Gedächtnisinhalte sind im Gehirn örtlich verteilt, wobei vor allem solche Lokalisationen in unserem Zusammenhang von Interesse sind, die sich auf abgeleitete, nicht direkt mit sensorisch-motorischen Leistungen zusammenhängende Eigenschaften beziehen. Ein Beispiel hierfür wäre die Rolle des Hippocampus beim Menschen für die Bildung (nicht aber die langzeitige Speicherung) von deklarativem (explizitem) Gedächtnis. (4) Für das Aufrufen aus dem Langzeit-

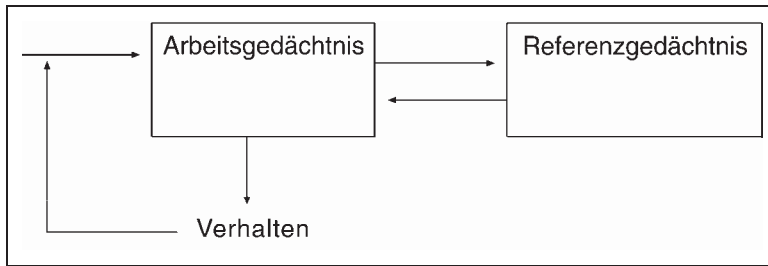


Abbildung 1  
 Schema der Verknüpfung des Arbeitsgedächtnisses mit dem Referenzgedächtnis der Außenwelt.

speicher, den Vergleich mit der aktuellen äußeren und körpereigenen Situation und das „Verhandeln“ von zielgerichteten Optionen ist das Arbeitsgedächtnis zuständig. Dem Arbeitsgedächtnis kommen folgende Funktionen zu (Abb. 1): (1) Vorübergehender Speicher mit begrenzter Kapazität (Kurzzeitgedächtnis); (2) Wechselseitige Kommunikation mit dem Referenzgedächtnis (Langzeitgedächtnis), wobei relevante Inhalte aus dem Referenzgedächtnis aufgerufen werden und solche aus dem Arbeitsgedächtnis ins Referenzgedächtnis übergeführt werden; (3) „Inneres Verhandeln“ durch Produzieren von Verhaltensoptionen, die „innerlich“, das heißt auf der Ebene des Arbeitsgedächtnisses ausgeführt werden, und deren erwartete Folgen mit den Zielvorgaben verglichen werden; (4) Entscheiden nach wenigen oder vielen Iterationen des „inneren Verhandelns“.

Auf der Verhaltensebene werden die Funktionen des Arbeitsgedächtnisses durch eine Reihe standardisierter Tests untersucht, zu denen etwa das Vergleichslernen (matching-to-sample, MTS bzw. matching-to-non-sample MTNS), der sternförmige Irrgarten und der serielle Positionstest gehören. In all diesen Tests merkt sich ein Tier oder ein Mensch einen Stimulus oder ein Verhalten für einige Zeit und richtet sein folgendes Verhalten nach einer entsprechenden Regel aus. Beim MTS Test besteht die Regel etwa darin, dass derselbe Stimulus zu wählen ist, beim MTNS muss gerade ein verschiedener Stimulus gewählt werden; im sternförmigen Irrgarten gilt die Regel, nicht wieder den bereits gewählten Arm erneut zu wählen. Im seriellen Positionstest drückt sich das Arbeitsgedächtnis darin aus, dass beispielsweise in Wortlisten oder in Bilderfolgen die jeweils ersten und letzten Items besonders gut erinnert werden. Das Arbeitsgedächtnis ist also nicht nur ein zeitlich begrenzter Speicher, sondern enthält auch Regeln, nach denen Entscheidungen an den Inhalten getroffen werden sollen. Dass die Regeln, nach denen das Arbeitsgedächtnis seine Entscheidungen an Inhalten fällt, die sprachlich zugänglich sind, nicht bewusst werden müssen, wird zum Beispiel mit folgender Beobachtung belegt: Versuchspersonen werden lange Listen von Buchstaben gezeigt (etwa H D S S O H D F S S A H D...), wobei nach einiger Zeit gefragt wird, welcher Buchstabe einem anderen folgt. Die Versuchs-

personen geben an zu raten und erkennen keinerlei Struktur in der Buchstabenfolge, nennen aber solche Buchstabenfolgen häufiger, die einer Regel unterliegen (im obigen Beispiel, dass auf H ein D folgt, dass auf S ein Vokal folgt und dass Vokalen stets ein H folgt). Das Arbeitsgedächtnis wendet also implizit Regeln an, nach denen seine Operationen verlaufen.

Die begrenzte Speicherkapazität des Arbeitsgedächtnisses wird durch die berühmte  $7\pm 2$  Formel von Inhalten (items) charakterisiert. Bereits 1890 wurde die „Intelligenz“ von Schülern von einem Londoner Lehrer mit dem so genannten „digit span test“ untersucht, wobei die Aufgabe darin bestand, vorher genannte Zahlenreihen rückwärts zu wiederholen. Dabei erreichten „intelligente“ Schüler eine digit span von 6–7 (Baddeley 1986). Heute weiß man, dass die so gemessene Kapazität des Arbeitsgedächtnisses von der Komplexität der zu merkenden Objekte abhängt (etwa bei Sehobjekten) und dass verschiedene Gehirnregionen für abstrakte Objekte, wie Zahlen, und konkrete Objekte, wie Sehobjekte, zuständig sind.

Baddeley und Hitch schlugen 1974 eine Struktur des Arbeitsgedächtnisses vor, die sie aus Beobachtungen und Messungen von sprachlichem und visuellem Lernen beim Menschen ableiteten (Baddeley & Hitch 1974) (Abb. 2).

Im Zentrum steht ihre Annahme, dass das Arbeitsgedächtnis Substrukturen aufweist und dass diese in rückgekoppelter Weise miteinander verknüpft sind. Diese Rückkopplungsschleifen können über die Außenwelt laufen (äußeres Handeln) oder auf die „Innenwelt“ des Gehirns beschränkt sein („inneres Handeln“). Letztere Schleifen dienen in ihrem Modell den drei zentralen Funktionen des Arbeitsgedächtnisses, der Prädiktion, der Selektion und der Entscheidung.

Für diese zentralen Funktionen des Arbeitsgedächtnisses lassen sich korrespondierende neuronale Mechanismen angeben, die auf einer elementaren Ebene als ursächlich für die damit beschriebenen Leistungen betrachtet werden können. Hierauf will ich im Folgenden kurz eingehen.

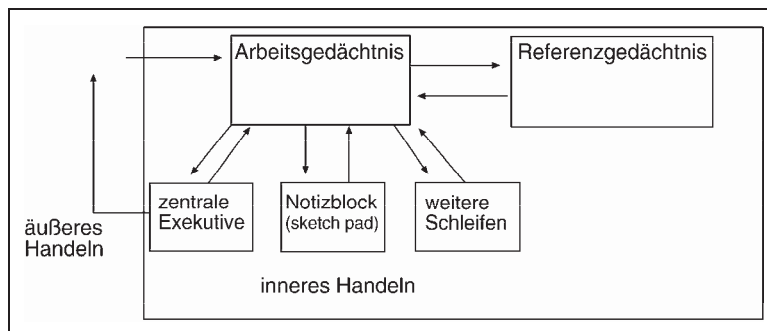


Abbildung 2  
Schema der Vernetzung des Arbeitsgedächtnisses nach Baddeley & Hitch (1974).

*Prädiktion:* Wie bereits oben betont, nimmt jedes neuronale Kommando zum Handeln bereits die Folgen des Handelns vorweg (Efferenzkopie), ein Ausdruck des impliziten Erwartens der Folgen. Die Neurowissenschaft kennt eine riesige Anzahl von Beispielen. Ich will hier noch ein im Anschluss an Helmholtz besonders detailreich untersuchtes Beispiel nennen. Wenn Tiere und Menschen eine Augenbewegung (Sakkade) durchführen, dann erscheint ein Gegenstand anschließend auf einer anderen Stelle der Retina und damit in einem anderen räumlichen Bezug zu dem visuellen Referenzsystem im Auge und Gehirn. Das Kommando, das die Sakkade auslöst, verstellt gleichzeitig die Raumwahrnehmung so, dass sie der erwarteten Raumverschiebung entspricht. Diese Verstellung der Raumwahrnehmung lässt sich bis auf die Ebene der rezeptiven Felder in der primären visuellen Cortex-Region verfolgen, in der nun die Position der rezeptiven Felder so verschoben wird, dass sie der erwarteten nach der durchgeführten Augenbewegung entspricht (Sundberg et al. 2006). Ich habe dieses Beispiel gewählt, weil man den Effekt im Selbstversuch gut feststellen kann: Bei leichtem seitlichen Druck auf Ihren Augapfel fehlt diese Efferenzkopie und die Welt bewegt sich, die neuronale Raumverstellung wird also nicht prospektiv eingestellt. Ein weiterer Grund für die Wahl dieses Beispiels ist, dass Helmholtz dieses Phänomen als Ausgangspunkt für seine oben zitierte Schlussfolgerung von der Fülle der nicht bewusst werdenden Vorgänge im Gehirn nahm. Der Efferenzkopie-Architektur kann man eine sehr wichtige Rolle bei der Identifikation des Gehirns mit seinem Körper, also der Generierung eines „Ichs“, zuschreiben. Diese Architektur führt notwendigerweise zu einer Klassifizierung von Signalen als entweder extern oder intern generiert und liefert damit die Grundlage, eine innere Verursachung („Agency“) zu vermuten. Gäbe es nämlich keine Efferenzkopie-Architektur, gäbe es auch keine Unterscheidungsmöglichkeiten zwischen „Selbst“ und dessen Taten, und keine zwischen der Welt und ihren Ereignissen.

*Selektion:* Wenn zwei oder mehrere Handlungs- oder Wahrnehmungsoptionen durch Aufrufen aus dem Referenzgedächtnis ähnlich wahrscheinlich sind, dann muss eine Selektion erfolgen. Das elementare Schaltprinzip wurde bereits genannt, die laterale Inhibition. Ich will wieder nur ein Beispiel geben, das ebenfalls auf der neuronalen Ebene beim Tier sehr genau untersucht wurde. In unserer Wahrnehmung ist dies das Phänomen der Kippbilder. Sie kennen das Bild einer Vase, deren Konturen auch als zwei gegenüberstehende Gesichter wahrgenommen werden können. Diese beiden Wahrnehmungen treten nie gemeinsam auf, sondern kippen von dem einen in den anderen Zustand, bei längerem Hinsehen häufig in einem regelmäßigen Rhythmus. Vergleichbare Phänomene ließen sich aus dem motorischen Bereich anführen, wenn es also darum geht, zwischen zwei möglichen Bewegungsabfolgen eine auszuwählen. Die neuronale Implementierung der lateralen Inhibition lässt sich auf der Ebene der einzelnen Neurone, der Netzwerke von Neuronen und der Verschaltung zwischen

Arealen des Gehirns verfolgen. Es handelt sich demnach um ein universelles Prinzip mit dem im Nervensystem Eindeutigkeit erzeugt wird, eine Eindeutigkeit, die grundlegend wichtig für die Verhaltenssteuerung ist, kann doch zu jedem gegebenen Zeitpunkt nur eines getan werden. Die so erzielte Eindeutigkeit ist bei nahe beieinander liegenden Optionen häufig mit einem rhythmischen Wechsel zwischen diesen Optionen verbunden, eine Eigenschaft, die weiter unten nochmals von Bedeutung sein wird.

*Entscheiden:* Voraussetzung für eine Entscheidung ist die Wahl zwischen zwei oder mehreren Optionen und ein Prüfen der Folgen dieser Wahl ohne ein äußeres Handeln im Sinne eines Ausprobierens. Aus dem oben Gesagten wird ersichtlich, dass dem Arbeitsgedächtnis bei nahe beieinanderliegenden Optionen ein zeitlicher Wechsel in der neuronalen Aktualität der Optionen zur Verfügung steht, wie uns dies etwa bei den Kippbildern in der Wahrnehmung zugänglich wird. Entscheiden besteht nun auf der neuronalen Ebene des Arbeitsgedächtnisses darin, dass die nacheinander aktivierten Optionen die für sie relevanten Handlungsabfolgen so auslösen, dass nur die Efferenzkopie entsteht, nicht aber das motorische Muster ausgeführt wird. Die Efferenzkopie wird nun mit den Erwartungen verglichen, die aus dem Referenzgedächtnis aufgerufen werden, wobei das Referenzgedächtnis die Funktion der (inneren) Wirklichkeit übernimmt. Dieser Vergleich führt nun zu einer spezifischen Aktivierung, und das tatsächliche Ausführen einer der Optionen wird mehr oder weniger wahrscheinlich. Welche Hinweise für solch ein inneres Verhandeln an impliziten Inhalten auf der Ebene des Arbeitsgedächtnisses gibt es? In der Neurowissenschaft wurde eine Reihe von Paradigmen experimentell überprüft, die einen Hinweis auf neuronale Korrelate des nicht bewussten Entscheidens an Optionen geben. Eine lezenswerte Zusammenstellung findet man bei Smith-Churchland (Smith-Churchland 2002, S. 142–156). Ein weiteres Beispiel sind die von Rizzolatti gefundenen Spiegelneurone. Vielleicht ist Ihnen schon einmal aufgefallen, dass zwei Gesprächspartner häufig die gleiche Körperhaltung einnehmen (Arme verschränken, Hände in die Hosentaschen, etc.). Im inferioren parietalen Lobus (IPL), einem Bereich des prämotorischen Kortex, wurden von Rizzolatti Neurone im Affengehirn (und neuerdings mit fMRI auch im menschlichen Gehirn) entdeckt, die er als Spiegelneurone bezeichnete. Sie sind für die gleichen Arm-Hand-Bewegungen zuständig, ob nun diese Bewegung von dem Tier ausgeführt werden oder ob das Tier diese bei einem anderen Tier (oder beim Menschen) beobachtet (Rizzolatti & Craighero 2004). Diese Neurone erhalten ihre Eingänge von visuellen Neuronen im superioren temporalen Sulkus (STS) und senden eine Efferenzkopie für geplante Aktionen zurück zu den STS Neuronen, wo sie mit der erwarteten Bewegung verglichen werden (Iacoboni, 2005), sie stellen also neuronale Implementierungen von Entscheidungsstrukturen dar. Auch wenn die Bewegungen nicht ausgeführt werden, sind sie aktiv und stellen Optionen

für Handlungen im sozialen Kontext zur Verfügung. Subjektiv zugänglich ist uns der Vorgang des Entscheidens an impliziten Entscheidungsvorgängen bei dem Phänomen des Namensuchens. Ihnen fällt ein Name oder Begriff nicht ein. Sie sagen vielleicht, 'das blockiere ich gerade', geben die Suche auf, und nach einer gewissen Zeit stellt sich der Name oder Begriff wie von selbst ein, wenn Sie gerade nicht daran denken oder bewusst danach suchen. Der Suchvorgang war also kein bewusster und hat sich in ihrem Arbeitsgedächtnis „automatisch“ abgespielt.

### 3 Die globale Struktur des Arbeitsgedächtnisses

Die bisher genannten Teilfunktionen des Arbeitsgedächtnisses wurden in einem Schema zusammengefasst, in dem den Teilfunktionen bestimmte Gehirnareale des Säuger- und Menschengehirns zugeordnet werden (Abb. 3).

Zwei Schaltkreise sind für zwei Aspekte des Arbeitsgedächtnisses, seine eher starren und seine hoch flexiblen Eigenschaften, zuständig: (1) Die „modellfreien Systeme“, bei denen die Funktion des Auslesens aus dem Referenzgedächtnis (mit seinen phylogenetisch *und* individuell erworbenen Inhalten) im Vordergrund steht. Diese werden zum Beispiel von den Basalganglien (etwa dem Belohnungssystem im ventralen Tegmentum mit seinen Dopamin-Neuronen) dominiert. (2) Die „modellbasier-

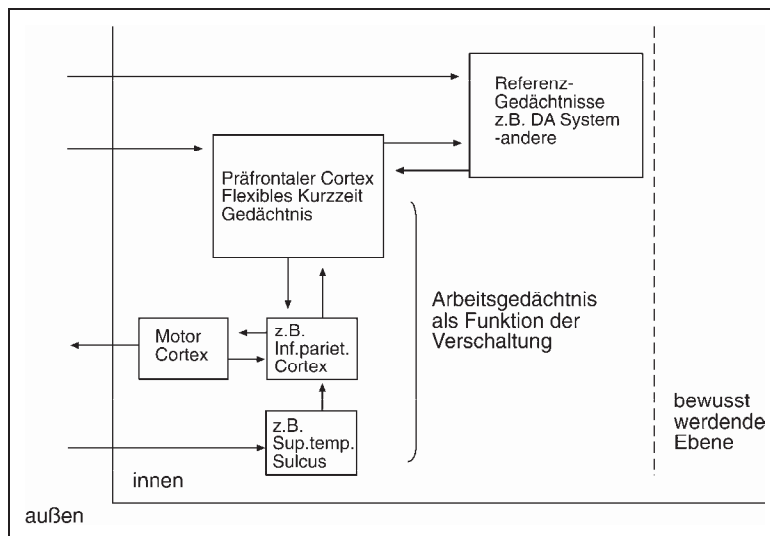


Abbildung 3 Die globale Struktur des Arbeitsgedächtnisses. Abkürzungen: DA: System der Dopamin-Neurone im ventralen Tegmentum; Inf. Priet.: Inferiorer parientaler frontaler Cortex; Sup. temp.: Superiorer temporaler Sulkus.

ten Systeme“ im präfrontalen Cortex mit ihrem flexiblen Umgang mit nur kurze Zeit zurückliegenden Ereignissen. In beiden Systemarten ergeben sich die Funktionen des Arbeitsgedächtnisses aus den Verschaltungen insbesondere über die rekurrenten Schleifen zwischen den Gehirnarealen (Abb. 3). Die Dopamin-Neurone des ventralen Tegmentums passen sich zum Beispiel nach der Differenzregel für Lernen (s. o.) an, integrieren über längere Zeit und stellen so ein Referenzgedächtnis für die erwartete Belohnung einer geplanten Aktion dar (Daw et al. 2005). Der präfrontale Cortex speichert kürzlich erfahrene Signal-Bewertungszusammenhänge in Form von anhaltenden, hochspezifischen neuronalen Erregungen (Wang et al. 2006; Fransen et al. 2006). Diese neuronale Aktivität wird als das Substrat für zielgerichtete Lernvorgänge betrachtet, bei denen ein „inneres Modell“ dem Lernvorgang zugrunde liegt. Die rekurrenten Schleifen werden als das Substrat für die Abschätzung der Sicherheit der Vorhersage angesehen. Je sicherer die Vorhersage, je mehr also die einzelnen Instanzen in ihren Prädiktionen übereinstimmen, desto rascher und mit höherer Wahrscheinlichkeit wird entschieden und die Aktion ausgeführt. Je widersprüchlicher die jeweiligen Meldungen sind, umso langsamer wird entschieden und umso unterschiedlicher fallen wiederholte Entscheidungen aus (Dehaene et al. 1998). Alle diese Überlegungen gelten für implizites Wissen. Wie wird nun die Verbindung zum expliziten Wissen hergestellt? In Abbildung 3 markiert die gestrichelte vertikale Linie auf der rechten Seite den Kontakt zur bewusst werdenden Ebene, ein Übergang, der noch weitgehend unbekannt ist. Ralph Schumacher<sup>3</sup> beleuchtet dieses Problemfeld von psychologischer Seite und betrachtet hierbei besonders die Rolle der Aufmerksamkeit für den Übergang von nicht bewusst werdenden und bewusst werdenden Vorgängen. Ich will hier nur auf zwei Aspekte hinweisen. (1) In Verhaltensanalysen lässt sich zeigen, dass bei einem stärkeren Priming (also dem unbewussten Wiedererkennen beispielsweise von vorher gezeigten Bildern oder Abfolgen von Zahlen wie in dem oben angegebenen Beispiel) auch das bewusste Erinnern an die Testobjekte stärker ist. Daraus kann man schließen, dass die implizite Ebene des Arbeitsgedächtnisses die explizite antreibt. (2) Die besondere Rolle des Hippocampus beim Menschen für den Übergang von der impliziten auf die explizite Ebene wird auch durch fMRI Studien belegt, die zeigen, dass Bilder, die eine stärkere Aktivierung einer für Sehobjekte zuständigen Region des Hippocampus beim Lernen von Bildfolgen auslösen, später besser bewusst erinnert werden. Daraus kann man ebenfalls schließen, dass sich die Stärke des impliziten Wissens auf das explizite auswirkt, möglicherweise im Sinne einer Schwellenfunktion. Die impliziten Funktionen des Arbeitsgedächtnisses sind aber von denen des expliziten Arbeitsgedächtnisses unabhängig.

---

<sup>3</sup> In seinem Vortrag im Rahmen der AG *Humanprojekt* am 16. Mai 2006.

## 4 Ebenen der Kognition mit implizitem Wissen

Nun könnte eingewandt werden, dass all diese Funktionen des impliziten Verhandeln von Wissen elementare Formen der Kognition betreffen, so dass die hier vorgetragene Argumente nicht wirklich für die dem Menschen explizit zugänglichen Gehirnvorgänge relevant sind. Um sich dieser Frage zu nähern, kann man verschiedene Forschungsstrategien anwenden. Auf eine habe ich bereits am Ende des vorigen Abschnitts hingewiesen: Man sucht nach Korrelaten für implizites Verhandeln im Arbeitsgedächtnis (Priming, fMRI Studien) und fragt dann, wie diese mit den bewusst werdenden Vorgänge zusammenhängen. Oder man betrachtet die Zeitebene etwa so wie dies in den berühmten Experimenten von Libet geschieht (Libet 1990), bei denen sich ergibt, dass ein elektrophysiologisch messbares Ereignis der bewusst werdenden Entscheidung vorangeht. Oder man betrachtet die neuronalen Bedingungen, die eine bewusst werdende Leistung verhindern, so wie dies Crick und Koch mit dem Paradigma der binokularen Konkurrenz getan haben (Crick & Koch 2005). Hierbei werden den beiden Sehfeldern unserer Augen zwei verschiedene Sehobjekte gezeigt (z. B. horizontale und vertikale Streifen). Wir können unsere Aufmerksamkeit bewusst auf das eine oder andere Bild lenken. Hierbei stellt sich mit fMRI heraus, dass die frontale und parietale Cortexregion in besonderer Weise beteiligt ist (Lumer et al. 1998). Menschen mit einer Schädigung in diesem Bereich haben Schwierigkeiten mit dieser Aufgabe.

Ich möchte mit zwei Beispielen auf einen weiteren Zugang zu dieser Frage eingehen. Hierbei stellt man die Frage, ob Tiere über kognitive Leistungen verfügen, die wir aus unserer Introspektion eindeutig als bewusste Leistungen erfahren.

*Episodisches Gedächtnis:* Tulving und Wheeler et al. prägten den Begriff „episodisches Gedächtnis“ und beschrieben damit unser explizites Wissen um frühere Ereignisse und das Wissen darum, dass es sich um solche früheren Ereignisse handelt (Tulving 1985; Wheeler et al. 1997). Wichtige Aspekte dieses Gedächtnisses sind, *was* geschah, *wann* es geschah und *wo* es geschah. Es lässt sich fragen, ob Tiere über ein solches wann-, wo- und was-Gedächtnis verfügen. Clayton und Dickinson nennen das ein „episodic-like memory“ und zeigen, dass Eichelhäher und andere Tiere, die Futter verstecken, über ein solches Gedächtnis verfügen (Clayton & Dickinson 1989). Sie erinnern sich nicht nur an tausende von Futterverstecken, die sie angelegt haben, sondern auch, wann sie welche Art von Futter (eine leicht verderbliche Mehlwurmlarve oder ein dauerhaftes Futterkorn) versteckt haben. Darüber hinaus beobachten sie andere Eichelhäher, wenn diese Futter verstecken, und räubern die Verstecke aus. Das wiederum beobachten Tiere, wenn sie Futter verstecken und merken sich, wer sie beobachtet hat (Dally et al. 2006). Wenn sie erfahren, dass sie an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit hungrig sein werden, dann speichern sie



dort ein anderes und mehr Futter als an einem Ort, an dem sie nicht hungrig sein werden. Für diese Art von Gedächtnis übernimmt der Hippocampus bei Vögeln wie bei Nagern und Menschen eine wichtige Rolle. Da der Hippocampus beim Menschen eine essenzielle Struktur für deklaratives (explizites) Wissen ist, lässt sich vermuten, dass es zwischen dem episodischen Gedächtnis des Menschen und dem „episodic-like memory“ der Tiere keine prinzipiellen sondern nur graduelle Unterschiede gibt (Suzuki 2006).

*Kausales Schließen:* Tiere lernen aus der Kontiguität und der Kontingenz von Ereignissen die kausalen Zusammenhänge dieser Ereignisse in der Umwelt (s. o.). Haben sie aber auch ein Verständnis für solche kausalen Zusammenhänge? Blaisdell et al. zeigten kürzlich, dass Ratten kausale Schlüsse nach dem Erlernen einfacher Dressuraufgaben ziehen, in denen sie das Angebot von Futter entweder als Folge von selbst erzeugten Signalen oder nicht von ihnen verursachten Signalen einzuordnen hatten (Blaisdell et al. 2006). Dies bedeutet, dass die Tiere den kausalen Zusammenhang zwischen der eigenen Aktion erkannten. Die kausale Verknüpfung haben die Ratten nach mehrmaligen Lerndurchgängen erschlossen. In anderen Situationen werden solche Zusammenhänge ohne vorheriges Probieren erkannt. Berühmte Beispiele hierfür sind die in allen Lehrbüchern der Verhaltensbiologie angeführten Schimpansen von Wolfgang Köhler, die Stäbe zusammen stecken und Kisten aufeinander türmen, um Futter zu erreichen. Ein anderes Beispiel sind die Raben von Heinrich und Bugnyar (Heinrich & Bugnyar 2005). Sie beobachteten Raben, die an ein Stück Fleisch gelangen, das an einem Strick befestigt ist, indem sie schrittweise mit dem Schnabel den Strick ein Stück hochziehen, dann diesen mit einem Fuß festhalten und die Prozedur solange wiederholen bis sie das Futter erreichen. Dies tun sie nicht, indem sie schrittweise das Verhalten erlernen, sondern bereits beim ersten Mal und mit vollständigem Ablauf aller komplizierten Bewegungen.

Mit diesen Beispielen will ich das Argument vertreten, dass implizites Handeln nach Strukturen erfolgt, die wir als charakteristisch, ja geradezu als für bewusst werdendes Handeln reserviert erachten.

## **5   Erwarten, Planen, Entscheiden:       Eine abschließende Bemerkung**

Neurobiologen argumentieren, dass explizite Willensentscheidungen zur Gänze (oder in überwiegenden Teilen, darüber wird innerhalb der Neurobiologie diskutiert) post-hoc-Erfahrungen sind, mit denen sich die Teile des Gehirns, die das Substrat des bewussten Ichs darstellen, mit seinem übrigen Gehirn und seinem Körper derartig innig identifizieren, dass sich das bewusste Ich die alleinige Urheberschaft für alle Entscheidungen zuschreibt (Smith-Churchland 2002; Kandel 2006; Roth 2001; Singer

2004; Wegner 2002). Wenn dem so ist, dann stellt sich natürlich die Frage, wer verhandelt und entscheidet denn zur Gänze (oder überwiegend), damit im Nachhinein eine solche Zuschreibung erfolgen kann? Die hier vorgetragenen Charakterisierungen der Operationen an implizitem Wissen sollen verdeutlichen, dass die Reichhaltigkeit und Komplexität der nicht bewusst werdenden Gehirnaktivitäten genügend Raum für die als willentlich und als frei empfundenen Entscheidungen geben. Es ist gerade diese Nicht-Kennntnis der impliziten Operationen, die das Freiheitsgefühl erzeugt, und es muss gute evolutive Gründe für diese Unabhängigkeit in der Wahrnehmung der Aktionen des eigenen Gehirns gegeben haben. Möglicherweise stellt sie eine Voraussetzung für die enge Identifikation zwischen einem Gehirn und seinem Körper dar. Ich wollte weiterhin verdeutlichen, dass „inneres Verhandeln“ bei implizitem Wissen nicht mit einfachen Ursache-Wirkungs-Gefügen gleichgestellt werden kann. Die Aktivierung verschiedener, auch widersprüchlicher Gedächtnisinhalte, ihr iteratives und zyklisches Aktivieren und Deaktivieren, die Vergleiche über rekurrente Schleifen (Edelman 1993, nennt dies die „reentrant loops“) und die Spontaneität der neuronalen Netzwerke, angetrieben von Motivation und Aufmerksamkeit kontrollierenden Gehirnstrukturen, bedingen Ursache-Wirkungs-Ketten, die einen Grad an Komplexität erreichen, der uns zur Zeit Grenzen der Erkenntnis auferlegt. Ein Eindringen in diese Ursache-Wirkungs-Ketten wird zu einer Erweiterung, nicht zu einer Verengung der Kenntnisse führen, gibt aber keinen Anlass zur Annahme von nicht-physikalischen Gesetzmäßigkeiten. Voraussetzung für dieses Eindringen ist allerdings eine radikale Abkehr von einem kartesischen Dualismus und einer wie auch immer versteckten Annahme einer nur dem Menschen zukommenden geistigen Tätigkeit. So ist es auch nicht angemessen, Begriffe wie „Wählen“, „Planen“, „Abwägen“, „Verhandeln“, „Entscheiden“ auf die explizite und deklarative Ebene zu begrenzen. Dies sind Eigenschaften des Gehirns im Umgang mit allem Wissen, mag es nun als implizit oder explizit erfahren werden. Die Erfahrung von Wille und Freiheit im Entscheiden sind wie alle Gehirnleistungen Produkte der Evolution von Gehirnen. Insofern ist auch die Frage, wie ausgehend von diesen Operationen die Empfindung der Freiheit von eben denselben Operationen entsteht, eine originäre neurobiologische Fragestellung. Biologen werden daher nach den proximalen und ultimativen Ursachen suchen.

## Bibliographie

- Baddeley, Alan D. (1986): Working Memory, Oxford/New York: Oxford University Press.  
Baddeley, Alan D. & Graham Hitch (1974): Working memory. In: Bower, Gordon H. (Hg.), The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory, New York: Academic Press, S. 47–90.

- Blaisdell, Aaron P., Sawa, Kosuke, Leising, Kenneth J. & Michael R. Waldmann (2006): Causal Reasoning in Rats. In: *Science* 311, S. 1020–1022.
- Clayton, Nicola S. & Anthony Dickinson (1989): Episodic-Like Memory During Cache Recovery by Scrub Jays. In: *Nature* 395, S. 272–274.
- Crick, Francis C. & Christof Koch (2005): What Is the Function of the Claustrum? In: *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360, S. 1271–1279.
- Dally, Joanna M., Emery, Nathan J. & Nicola S. Clayton (2006): Food-Caching Western Scrub-Jays Keep Track of Who Was Watching when. In: *Science* 312, S. 1662–1665.
- Daw, Nathaniel D., Niv, Yael & Peter Dayan (2005): Uncertainty-Based Competition between Prefrontal and Dorsolateral Striatal Systems for Behavioral Control. In: *Nature Neuroscience* 8, S. 1704–1711.
- Dehaene, Stanislas, Kerszberg, Michael & Jean-Pierre Changeux (1998): A Neuronal Model of a Global Workspace in Effortful Cognitive Tasks. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95, S. 14529–14534.
- Edelmann, Gerald M. (1993): Neural Darwinism. In: *Neuron* 10, S. 115–125.
- Fransen, Erik, Tahvildari, Babak, Egorov, Alexei V., Hasselmo, Micheal E. & Angel A. Alonso (2006): Mechanism of Graded Persistent Cellular Activity of Entorhinal Cortex Layer V Neurons. In: *Neuron* 49, S. 735–746.
- Heinrich, Bernd & Thomas Bugnyar (2005): Testing Problem Solving in Ravens: String-Pulling to Reach Food. In: *Ethology* 111, S. 962–976.
- Iacoboni, Marco (2005): Neural Mechanism of Imitation. In: *Current Opinion in Neurobiology* 632, S. 632–637.
- James, William (1981): *The Works of William James: The Principles of Psychology*, Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Kandel, Eric R. (2006): *Auf der Suche nach dem Gedächtnis – Die Entstehung einer neuen Wissenschaft des Geistes*, München: Siedler Verlag.
- Libet, Benjamin (1990): Cerebral Processes that Distinguish Conscious Experience from Unconscious Mental Functions. In: Eccles, John C. & Otto D. Creutzfeld (Hg.), *The Principles of Design and Operation of the Brain*, Bd. 78, Vatican City State: Pontificae Academiae Scientiarum Scripta Varia, S. 185–202.
- Lumer, Erik D., Friston, Karl J. & Geraint Rees (1998): Neural Correlates of Perceptual Rivalry in the Human Brain. In: *Science* 280, S. 1930–1934.
- Milner, Brenda, Squire, Larry R. & Eric R. Kandel (1998): Cognitive Neuroscience and the Study of Memory. In: *Neuron* 20, S. 445–468.
- Rescorla, Robert A. & Allan R. Wagner (1972): A Theory of Classical Conditioning: Variations in the Effectiveness of Reinforcement and Non-Reinforcement. In: Black, Abraham H. & William F. Prokasy (Hg.), *Classical Conditioning II: Current Research and Theory*, New York: Appleton-Century-Crofts, S. 64–99.

- Rizzolatti, Giacomo & Laila Craighero (2004): The Mirror Neuron System. In: Annual Review of Neuroscience 27, S. 169–192.
- Roth, Gerhard (2001): Fühlen, Denken, Handeln – Wie das Gehirn unser Verhalten steuert, Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Ryle, Gilbert (1969): Der Begriff des Geistes, Stuttgart: Reclam.
- Schacter, Daniel (1999): Wir sind Erinnerung – Gedächtnis und Persönlichkeit, Reinbek: Rowohlt.
- Schultz, Wolfram (2006): Behavioral Theories and the Neurophysiology of Reward. In: Annual Review of Psychology 57, S. 87–115.
- Singer, Wolf (2004): Neurobiologische Anmerkungen zum Freiheitsdiskurs. In: Debatte 3, Zur Freiheit des Willens II, S. 17–26.
- Smith Churchland, Patricia (2002): Brain-Wise: Studies in Neurophilosophy, Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Squire, Larry R. (1987): Memory and Brain, New York, Oxford: Oxford University Press.
- Sundberg, Kristy A., Fallah, Mazyar & John H. Reynolds (2006): A Motion-Dependent Distortion of Retinotopy in Area V4. In: Neuron 49, S. 447–457.
- Suzuki, Wendy A. (2006): Encoding New Episodes and Making them Stick. In: Neuron 50, S. 19–21.
- Tulving, Endel (1985): Memory and Consciousness. In: Canadian Psychology–Psychologie Canadienne 26, 1–12.
- Wang, Yun, Markram, Henry, Goodman, Philip H., Berger, Thomas K., Ma, Junying & Patricia S. Goldman-Rakic (2006): Heterogeneity in the Pyramidal Network of the Medial Prefrontal Cortex. In: Nature Neuroscience 9, S. 534–542.
- Wegner, Daniel M. (2002): The Illusion of Conscious Will, Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Wheeler, Mark A., Stuss, Donald T. & Endel Tulving (1997): Toward a Theory of Episodic Memory: The Frontal Lobes and Autonoetic Consciousness. In: Psychological Bulletin 121, S. 331–354.



## Zum Kausalitätsprinzip in der Biologie<sup>1</sup>

*Kausalität und Determiniertheit sind heuristische Annahmen, die der Sinnhaftigkeit biologischer Experimente dienen. Ihre Setzung als metaphysisches Prinzip im Bereich des Mentalen ist nicht überzeugend begründet.*

Mit den neuen neurobiologischen Verfahren ist es möglich geworden, Bewusstseinsvorgänge, die zuvor nur über den Weg der Reportage aus der Perspektive der ersten Person studiert werden konnten, der direkten Untersuchung aus der Perspektive der dritten Person zugänglich zu machen. Die Ergebnisse dieser Forschungsrichtung und mehr noch die Aussichten in die Zukunft, die sie eröffnen, haben zu einem erheblichen Naturalisierungsschub bei der Aufklärung psychologischer und philosophischer Probleme geführt, der eine lebhafte Kontroverse ausgelöst hat.

Ein zentraler Streitpunkt dieser Debatte ist die Frage, ob bewusst erwogene Entscheidungen und ihre Umsetzung in Handlungen frei sein können. Immer wieder wird argumentiert, dass neuronale Prozesse ihr Korrelat in Gehirnprozessen haben und ihrem Wesen nach determiniert ablaufen. Die Freiheit von Willensentscheidung und Handlungsentschluss sei deshalb ein subjektiv konstruiertes Phänomen. Die Möglichkeit, Kausalketten aus dem Bewusstsein heraus in Gang zu setzen, sei ebenso illusionär wie die Vermutung, man könne wirklich auch anders gehandelt haben, hätte sich anders entschieden können. Die zur Debatte stehenden Vorgänge laufen im modular organisierten, massiv parallel informationsverarbeitenden neuronalen Netzwerk des Gehirns ab. Eingeräumt wird, dass diese Prozesse so komplex sind, dass es auf lange Zeit hin und vielleicht für immer unmöglich sein wird, sie genau zu verstehen und vorherzusagen. Das jedoch ist eine Entscheidung, die nicht „aus dem Lehnstuhl heraus“ vorentschieden werden kann, sondern nur als Ergebnis des Forschungsprogramms, das den Phänomenen eine natürliche Beschreibung geben soll. Wenn dies gelungen sein wird, dann wird für die geheimnisvolle kausale Kraft

---

<sup>1</sup> Wiederabdruck des Beitrags von Jens Reich in *Naturgeschichte der Freiheit*, hrsg. von Jan-Christoph Heilinger, Berlin, New York 2007, S. 29–34.

des Bewusstseins ebenso wenig Raum sein wie im vergleichbaren Fall für die „vis vitalis“, wenn die physikochemische Beschreibung der Physiologie etwa der Leber- oder Nierenfunktion vollständig sein wird. Bewusstsein und freier Wille sind dann alltagstaugliche Zusammenfassungen von emergenten Makroeigenschaften komplexer Vorgänge auf der physikochemischen Mikroebene.

Ebenso wie die meisten anderen Biologen bin ich fasziniert von dem Forschungsprogramm, das kognitive und Bewusstseinsprozesse mit objektiven neurobiologischen Verfahren studiert. Wir werden in den kommenden Jahrzehnten viel Neues erfahren. Es wird auch viel Denkstoff für Anthropologen, Psychologen und Philosophen geben. Konzepte wie die Einheit des individuellen Selbstbewusstseins etwa oder die ursprünglich-synthetische Einheit der Apperzeption (Kant 1781, B 132) wird man auf dem Hintergrund der neuen Tatsache darstellen müssen, dass es im Gehirn keine cartesische Bühne für diese Einheiten gibt.

Verwunderlich erscheint mir allerdings die Leichtigkeit, mit der wir Biologen als Teilnehmer dieser Diskussion dazu neigen, die kausale Determination von einem methodisch-heuristischen Prinzip, das wir erfolgreich bei der Gewinnung und Ordnung von Wissen voraussetzen, in ein metaphysisches Postulat umzusetzen. Ich meine, wir überziehen seinen Geltungsbereich.

Diese letzte Aussage möchte ich in mehrerlei Hinsicht diskutieren und erläutern:

1. Kausaler Determinismus ist methodische Voraussetzung jeder biologischen Erkenntnis (jeder?).
2. Wir leiten unser heuristisches Kausalprinzip aus dem Programm der Reduktion von Biologie auf klassische physikochemische Grundlagen ab, ohne dass wir uns auf die modernen Probleme in diesen Fächern einlassen.
3. Das vom Physikalismus abgezogene Determinismusprinzip ist nur nach a-biologischer Zurichtung des biologischen Objekts verwendbar.
4. Die empirische Unterfütterung des Determinismusprinzips reicht nicht aus, um weitreichende metaphysische Folgerungen plausibel zu machen.

Zu 1): Es gibt hervorragende biologische Erkenntnis ohne Inanspruchnahme des Determinismus-Postulates. Die klassische Biologie nahm zunächst die Welt, wie sie uns erscheint, und beobachtete. Dieser heute absterbende oder in den Hintergrund rückende Zweig der Biologie bedurfte überhaupt nicht des Postulats, dass jeder Ablauf auch anders verlaufen könnte. Der Anatom ebenso wie der „Naturalist“ beschrieben die Strukturen und Bewegungen, die sie sahen, und konnten ihnen trotz ihrer Regelmäßigkeit durchaus das Erscheinungsbild des nicht notwendig Ablaufenden lassen. Einer der Gipfelpunkte dieser Epoche waren die „Vögel Amerikas“ von John James Audubon – prächtige Zeichnungen und Gemälde von lebenden Tieren in der Illusion der Spontaneität ihres vitalen Verhaltens (Audubon 1994). Nach Ursa-

chen und Wirkungen wird da nicht gefragt: Stattdessen wird die Kreation wunderbarer Phänomene durch die Natur als Kunstwerk beschrieben.

Auch die gesamte Evolutionslehre war zu Anfang eine historische Beschreibung dessen, was vorgefallen war. Sie begann mit den Fossilienfunden vergangener Lebensformen, mit gigantischen Reptilien zum Beispiel, die es zu historischer Zeit nie gegeben hatte, und legte eine sich selbst definierende Zeitskala über die Phänomene (z. B. zur Frage, wie lange es gedauert haben mag, bis eine offensichtlich durch Ablagerung entstandene Kalkschicht entstanden war). Mit Hilfe von Zeitzuordnung und Phänomenologie betrieb man Naturgeschichte, ganz analog wie der Historiker aus Zeitangaben und erinnerten Ereignissen Universalgeschichte ableitet. Selbst Darwins Evolutionstheorie konnte die kausale Beschreibung nur induktiv und extrapolierend einführen, nämlich in Form seines universellen Ausleseprinzips. Sie blieb jedoch offen, da er die verursachenden Agenten für die beobachtete universelle Variation nicht ausfindig machen konnte.

Zu 2): Determinismus als methodisch notwendiges Postulat trat erst mit dem Siegeszug der experimentellen Biologie in den Vordergrund. Um glaubwürdig zu sein, muss ein biologisches Experiment wiederholbar sein. Hinter dem Postulat der Reproduzierbarkeit steht daher denknotwendig das Postulat der Determiniertheit, nämlich dass sich natürliche Prozesse im Experiment so einrichten lassen, dass sie determiniert ablaufen. Wo das nicht vollständig gelingt, versieht man die Aussage mit statistischen Schwankungsbreiten und anderen Spezifikationen, die das Postulat der Determiniertheit vor Falsifizierung schützen. Eine nicht reproduzierbare Aussage wird ins Reich der grundlosen Spekulation oder bestenfalls der Hypothesen verwiesen.

Die experimentelle Methode ist Teil des Reduktionsprogramms von Biologie auf physikochemische Elementarwelt. Das Determinismuspostulat, das dieses Programm mit sich bringt, setzen wir unkritisch als metaphysisches Prinzip an und sehen über die epistemischen und ontologischen Probleme der modernen Physik hinweg. In der Quantenmechanik zieht sich das Postulat auf die Aussage zurück, dass die Wahrscheinlichkeit von Ereignissen und nicht deren Realisierung streng determiniert sei. Es gibt sogar Wissenschaftler, die das Kausalitätsprinzip der unbelebten Welt ablehnen (wie Bertrand Russell, oder vor ihm Ernst Mach: „In der Natur gibt es keine Ursache und keine Wirkung“ [Mach 1883]). Es gibt andere Wissenschaftler, die den gesetzestrenge Determinismus bestreiten (z. B. Nancy Cartwright „How the Laws of Physics lie“ [Cartwright 1983]). Gegen den strengen kausalen Determinismus ist also bereits in Physik Skepsis angebracht oder zumindest Erklärungsbedarf anzumelden.

Zu 3): Das gut konzipierte Experiment treibt zuvor dem Leben das Leben aus. Es konstruiert eine geschlossene Teilwelt, die plausibel als von der gesamten Biosphäre



und des sonstigen Universums hinreichend isoliert angesehen werden darf, und bemüht sich um die Herstellung einer möglichst ausnahmslosen Sukzessionsbeziehung zwischen Auslöser und Effekt. Es gibt kein Experiment, das eine Aussage der Natur, wie sie ist, ermöglicht, sondern eine Aussage, die ihr abgepresst wurde. Oft kann man die Natur zur Antwort zwingen und diese „verwenden“ – oft jedoch weicht die Natur geschickt einer klaren Antwort aus.

Beim interpretierenden Übergang vom Experiment in die natürliche Welt verflüchtigt sich die Kausalität. Den isolierten Vorgang kann ich noch plausibel als kausale Sukzessionsbeziehung beschreiben, im gesamten System gelingt das nicht mehr. Das ist übrigens bereits in der klassischen Physik der Fall. Jeder der unzähligen Himmelskörper übt die Gravitationskraft auf jeden anderen aus, und jeder ist Ursache der Beschleunigung aller anderen und damit seiner eigenen. So auch in der Biologie: In dem gigantischen Netzwerk von „wechselwirkenden“ Faktoren, den Genen, den Genprodukten, den niedermolekularen organischen Effektoren, den membranösen Strukturen und dem osmotisch-ionischen wässrigen Milieu, in dem alles Leben sich abspielt, ist für die gradlinige kausale Interpretation kein Platz mehr. Die Schwierigkeit liegt nicht nur darin, dass die vorhandenen Kausalketten so komplex sind, dass Vorhersagen unsicher bis unmöglich werden, analog zum chaotischen Verhalten des Wetters oder zum nicht-linearen Dreikörperproblem in der Physik. Es trifft nicht zu, dass zwar die Vorhersagbarkeit leide, die Kausalität aber intakt sei, sondern schon deren Konstruktion funktioniert überhaupt nicht. Die Imputation von Kausalität erscheint als reine Willkür im Auge des Betrachters. Schon die einfachste Regulationschleife hat einen Zweig, in dem Vorwärts-„wirkung“ stattfindet, die durch Rückwärts-„wirkung“ begrenzt wird. Es ist beliebig, was man hier als Ursache und was als Wirkung klassifiziert, zumal noch dazu alles Geschehen nicht als Sukzession erscheint, sondern im „steady-state“ jedes lebenden Systems gleichzeitig stattfindet. Die mathematische Beschreibung mit der Zeit als laufender Meistervariablen und Evolution nach Setzung von Anfangs- und Randbedingungen ist nur dort adäquat, wo das biologische Experiment als physikalisierte Sonderfall vorliegt. In jeder auf Ganzheitlichkeit zielenden Betrachtung, also der eigentlich adäquaten eines biologischen Systems, müssen wir rekursive Abbildungen von Zustandsfunktionen sowie implizite funktionale Beziehungen zwischen Parametern und Variablenzuständen einführen, wo die Definition von Ursache und Wirkung, also von unabhängigen und abhängigen Größen, reduktionistische Willkür bedeutet. Auf die Spitze formuliert: Es gibt keine metaphysische Kausalität, sondern nur die heuristische und dabei notwendig reduktionistische Anwendung des Kausalprinzips als Beschreibungsform des experimentellen Ansatzes.

Zu 4): Die Schwierigkeit, von den unzähligen Einzelbefunden auf eine kohärente und schlüssige Gesamtsicht zu kommen, dokumentiert die „Unschärferelation“, dass

jedes Experiment die Natur verändert oder von ihr hinreichend isoliert ist. Wie immer die Synthese einst gelingen oder misslingen mag, die Übertragung des heuristischen Prinzips der kausalen Bestimmtheit aus der experimentellen Sphäre in den mentalen Bereich ist eine metaphysische Setzung, die nicht zwingend ist.

Ich behaupte also, dass das kausale Gesetzesprinzip in der Biologie sowohl empirisch wie theoretisch unzureichend fundiert ist. Seine Extrapolation in die unüberschaubar komplexe Welt der menschlichen Bewusstseinsphänomene ist nicht zulässig. Dies könnte sich ändern – ich bin kein Mystiker, der ihnen die objektive Erklärbarkeit prinzipiell abspräche. Ignoramus – Ignorabimus: Das erste trifft zu, und das zweite ist Vermutung.

## Bibliographie

Audubon, John J. (1994): Die Vögel Amerikas, Hanau: Werner Dausien.

Cartwright, Nancy (1983): How the Laws of Physics Lie, Oxford, New York: Oxford University Press.

Kant, Immanuel (1781): Kritik der reinen Vernunft, Berlin, New York: Akademie Verlag, 1968.

Mach, Ernst (1883): Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1988.



## Ursachen und Gründe Zur Molekularen Biologie des Verhaltens

Es ist schwer, an dieser Stelle unserer Vorlesungsreihe noch etwas Neues zu sagen. Längst schon ist klar geworden, dass es keinen wirklichen Streit zwischen den ach so materialistischen Positionen der Naturwissenschaften und den mitunter so wenig kompatibel erscheinenden Aussagen der Philosophen gibt. Jürgen Mittelstraß formulierte es in der BBAW-Debatte der vergangenen Jahre so: „Wir sprechen von Naturkausalitäten und Handlungskausalitäten“. Erstere umfassen die Gesetze der Physik, die, soweit wir wissen, ausnahmslos unserem Tun zugrunde liegen, Letztere einen (ich zitiere wiederum Mittelstraß) „Gesichtspunkt, unter dem wir uns ... in Handlungskontexten ... zu orientieren suchen“. Die Handlungskontexte schließen auch Intention und Resultat einer Handlung ein, natürlich wiederum über Mechanismen und Moleküle, über die Physik der Ursachen. Sehr verkürzt könnte man sagen: *die Naturwissenschaften sprechen von Ursachen, die Geisteswissenschaften von Gründen*. Beide versuchen mit unterschiedlichen Nomenklaturen und auf verschiedenen sprachlichen Ebenen menschliches Handeln zu deuten. Der Dissens „Determinismus“ versus „Dualismus“ ist uns angedichtet. Selbst Wolf Singer, der Protagonist eines illusionären Freien Willens, formuliert sehr vorsichtig, es sei bei hochkomplexen Systemen wie dem menschlichen Hirn „vermutlich opportuner, auf die Selbstorganisationskräfte und die Kreativität solcher Systeme zu vertrauen als der Illusion zu erliegen, man könne diese lenken“. – „Vermutlich opportun“ ist keine Formulierung exakten Wissens, eher ein Eingestehen fundamentalen Nichtwissens. Ich komme auf das Nichtwissen der Naturwissenschaften zurück.

Mein Beitrag zu dieser Akademievorlesung soll der Versuch sein, eine Brücke zu schlagen, nämlich zwischen der beunruhigenden, weil scheinbar antihumanistischen kausalen Denkweise moderner Naturwissenschaft und der subjektiven Gewissheit des Menschen, frei zu sein. Die Beunruhigung trat auf, als neurobiologische Experimente zeigten, dass subjektiv freie Aktivitäten unseres Willens ihre Impulse aus unbewussten Hirnregionen beziehen, also *per se* unfrei sind. Nicht nur der Freie Wille, auch grundlegende menschliche Charakteristika wie: Verantwortung, Schuldfähigkeit standen also hier zur Disposition.

Eine Lücke scheint sich also aufzutun, wenn man einerseits von typisch menschlichen Fähigkeiten redet, von Denken, Erkennen, Empfinden, Träumen, Planen, Kreativität, von menschlichen Leistungen wie Sprache, Kunst, Poesie, in einem Wort: Kultur; und andererseits von Stoffwechsel, Physik und Chemie des Lebens, von Organen, Zellen und deren Funktionsmechanismen, von Molekülen. Die Lücke scheint Philosophen wie Habermas, die sagen, frei handeln bedeutet aus Gründen handeln, von Naturwissenschaftlern zu trennen, die unerbittlich den Physikalismus allen materiellen Seins fordern.

Meine These ist: diese Lücke existiert nicht. Sie wird gefüllt durch die Gegenstände zweier Forschungsgebiete: der *Epigenetik* und der *Signaltransduktion*. Diese beiden Begriffe, die der Diskurs über die Freiheit meist übergeht, möchte ich erläutern. Ich möchte davon sprechen, *wie Gründe zu Ursachen werden*.

Die Kausalitätskette menschlichen Handelns beginnt mit der Physik und Chemie von Zellen und Molekülen, letztlich eines Moleküls: der DNA unserer Erbmasse. Meine grundlegende These, die immer wieder von klugen Teilnehmern am Diskurs vorgebracht wird, ist folgende: Die Gene unserer DNA sind nur beschränkt deterministisch. Komplexe biologische Systeme werden durch nicht-lineare Gleichungen beschrieben, die noch dazu vielfach vernetzt und rekursiv sind. Solche Systeme sind letztlich im Sinne eines vorhersagbaren Ergebnisses *prinzipiell* unberechenbar. Das menschliche Genom aus ca. 25.000 Genen ist ein derartig ähnliches komplexes biologisches System wie der Stoffwechsel oder das Gehirn. Niemals werden wir auf der Basis einer Genomsequenz einen menschlichen Charakter, ein Schicksal oder auch nur einen einzigen Gedanken vorausberechnen können (und dies ist, wie gesagt, ein prinzipielles Nicht-Können, nicht etwa ein Problem der Computertechnik).

Martin Heisenberg sagte jüngst in dieser Vortragsreihe: „Zufall ist für die Freiheit notwendig, erklärt sie aber nicht“. Natürlich ist auch Unberechenbarkeit noch keine Freiheit; nicht-kausales, zufälliges Handeln ist noch kein Ausdruck des Freien Willens. Was ist nun jedoch der Freie Wille? Der schlimme Fehler der jüngsten Debatte um die Willensfreiheit ist die Annahme, wir, die Naturwissenschaftler und deren Spezies, die Neurobiologen, wüssten, wie der Freie Wille funktioniert; schlimmer noch die schnelle Schlussfolgerung: da wir angeblich wissen, dass er nicht funktioniert, gäbe es keinen Freien Willen, sei er nur eine Illusion. Zugegebenermaßen wird dieser Kurzschluss von dem einen oder anderen unserer Zunft zumindest begünstigt. Warum er aber so begierig aufgegriffen wird, obwohl er doch so offensichtlich falsch ist, ist nicht ganz ersichtlich. Falsch ist er, weil die Neurobiologie kaum eine Ahnung hat von den Mechanismen höherer Hirnfunktionen. Der Philosoph Mittelstraß sagte einmal: „Selbstverständlich gibt es einen Freien Willen. Ich praktiziere ihn ja!“ – Und kaum jemand würde diesen Satz nicht unterschreiben. Wie aber aus der nicht-determinierten, komplexen, hyperkomplexen, chaotischen

Physik des menschlichen Hirns ein Wille, eine gerichtete, also nicht zufällige, eine bewusst gewollte Handlung wird, ist uns nicht einmal im Ansatz klar. Das *biologische* Projekt wäre also, den Hirn-Mechanismus der Illusion eines Freien Willens aufzuklären. Erst dann könnte man, wenn man es denn will, daran gehen, den Freien Willen selbst zu falsifizieren.

Natürlich gibt es einen genetischen Determinismus, den auch ein noch so starker Wille nicht überwinden kann: zum Beispiel führen bestimmte Eigenschaften von Genen auf den Chromosomen 1 und 21 zwangsläufig zu *Morbus Alzheimer*. Es gibt ein Gen, das die Haarfarbe blond determiniert; das Gen, das den tödlichen Veitstanz auslöst, ist bekannt – usw. Ein Gen für Wissen, Erkenntnis, Kognition gibt es nicht. Diese Trivialität muss man leider immer wieder betonen, weil die philosophische Debatte immer wieder meint, den genetischen Determinismus widerlegen zu müssen. Dieser genetische Determinismus wird von Epigenetik, wie ich sie gleich definieren werde, überlagert, zurückgedrängt.

## Nature und Nurture – von der Epigenetik des Hirns

Die Biologen unterscheiden den Genotyp vom Phänotyp. Der eine ist aus dem anderen nicht eindeutig ableitbar. Am anschaulichsten wird dies bei einer Betrachtung des Gehirns: 25.000 Gene besitzt der Mensch – und hundert Milliarden Nervenzellen. Diese sind zehntausendfach miteinander verknüpft, so dass wir es beim Menschen mit einem neuronalen Netzwerk von einer Million Milliarden ( $10^{15}$ ) synaptischen Verknüpfungen zu tun haben. In diesem Netzwerk sind die mentalen Objekte des Menschen niedergelegt, in einem Code, der uns noch immer gänzlich unbekannt ist. Die Situation wird dadurch noch komplizierter, dass die  $10^{15}$  synaptischen Knoten *plastisch* sind; das heißt ihre funktionelle Effizienz bei der Übertragung von Nervenimpulsen ist variabel. Deshalb kann man sie ständig verändern, zum Beispiel wenn man bei einem Lernprozess Informationen und Fähigkeiten in das Netzwerk einspeichert. Dies erfolgt schneller und vor allem vielfältiger, als es deterministische Gene jemals könnten. Die Variationen, die plastischen Veränderungen, werden in Wechselwirkungen der Synapsen mit der äußeren und inneren Umwelt des Menschen erzeugt. Die plastischen Veränderungen im Netzwerk sind Grundlagen der Epigenetik. Den Weg der Signale und Informationen zu den Synapsen bezeichnet man als Signaltransduktion.

Epigenetik und Signaltransduktion sind Schlüsselbegriffe der Nature-Nurture-Problematik. Beide sind Grundlage dessen, was wir als kulturelle Evolution bezeichnen, jene Zunahme erworbenen und weitergegebenen Wissens, die die träge genetische Evolution unserer Spezies schon lange übertrifft.

*Epigenetik* hat für den Molekulargenetiker eine enge und präzise festgelegte Bedeutung; diese meine ich hier nicht. Im interdisziplinären Diskurs wird der Terminus Epigenetik für das verwendet, was *nach* den Genen, eigentlich, im Wortsinn, nach der Geburt (*Genesis*), kommt, also genau für die soeben beschriebenen plastischen Veränderungen, mit denen unser Gehirn dem Diktat der Gene entkommt. Die Gene geben den Rahmen vor, die Architektur zum Beispiel des Gehirns und den zeitlichen Ablauf seiner Entwicklung. Die Epigenetik öffnet diesen Rahmen und füllt in das Netzwerk alles das, was die kulturelle und individuelle Besonderheit des Menschen ausmacht. Anders als die somatischen genetischen Veränderungen sind die Ergebnisse der kulturellen Evolution, die epigenetisch niedergelegten Informationen, weitergebar, im nicht-biologischen Sinn vererbbar, tradierbar.

Deshalb ist wohl auch nahezu die Hälfte der möglichen Synapsen im Gehirn des neugeborenen Menschen noch gar nicht geknüpft. Die Gene geben die grobe Architektur des Hirns vor, die Großhirnrinde mit ihren Aktivitätszentren, die Basalganglien, das limbische System, kurz: die Anatomie des Systems. Das synaptische Netzwerk jedoch ist zunächst noch zu großen Teilen unbestimmt, braucht Inhalte und Aktivität für seine Genese. Zahlreiche Synapsen sind „vorläufig“, werden eliminiert, neu geschaffen oder stabilisiert, je nach Gebrauch. Und selbst nach Formung und Stabilisierung des Netzwerkes ist es modifizierbar.

Noch einmal: Wir sagen, Synapsen sind plastisch. Sie können Nervenimpulse effizienter oder weniger effizient übertragen. Das bedeutet, sie können epigenetisch durch äußere und innere Einflüsse modifiziert werden. Das bedeutet aber auch und vor allem: sie können lernen! Was immer im Netzwerk der  $10^{15}$  Synapsen repräsentiert wird, ist variabel, dem Diktat der Gene entzogen, hat Geschichte und Erfahrung. Soviel wir heute wissen, geht diese Erfahrung nicht in die Keimbahn über, kann also nicht biologisch und nach den Mendelschen Gesetzen vererbt werden. Bei der Weitergabe des Erfahrenen von einer Person oder einer Generation auf die nächste sprechen wir daher besser nicht von „Vererbung“ sondern von weitergeben, tradieren, statt von Darwinscher sprechen wir von kultureller Evolution. Mit zunehmender Plastizität und Komplexität der Organismen und ihrer Nervensysteme, und insbesondere beim Menschen, überwiegt die resultierende kulturelle Evolution gegenüber jener nach Mendel und Darwin. In diesem Sinn kehrt der Lamarckismus, den die Darwinsche Evolution ausschließt, über die kulturelle Evolution zurück!

Ein Beispiel aus der Sinnesphysiologie: Wir alle hören einen Ton von 440 Hertz (Schwingungen pro Sekunde). Dass es sich dabei um den Kammerton A handelt, weiß nur *unser* Gehirn, weil *wir* es gelernt haben. Der Apparat unseres Ohrs mit Trommelfell und Haarzellen ist nichts als ein physikalisches Messinstrument. Unsere Gene versorgen uns mit diesem Messinstrument, unsere soziale und kulturelle Umwelt füllt das Produkt der Messung mit Bedeutung. Nicht anders die Zapfen und

Stäbchen unserer Netzhaut: Rhodopsin genannte Moleküle messen die Wellenlängen einfallenden Lichtes, sind also die physikalischen Messinstrumente. Der genetisch bestimmte Schaltplan der Nervenzellen der Netzhaut und weiterer beteiligter Hirnareale formen daraus Kontraste, Farben, Formen, Bewegungen, Kontexte, Bedeutungen. Nur wenn wir in der richtigen Umgebung, am richtigen Ort sozialisiert wurden, die richtigen Informationen gespeichert haben (von denen die Gene naturgegeben gar nichts „wissen“ können), machen wir aus den Messprodukten die Mona Lisa, das Brandenburger Tor oder den Hamlet.

Ein weiteres Beispiel: der Schmerz. In den Fingerspitzen haben wir physikalische Messinstrumente etwa für Temperatur und für Druck. Bei einem bestimmten Schwellenwert lösen sie Nervenimpulse aus, die dem Hirn Temperatur oder Druck melden. Aber nur das Hirn nimmt Schmerz wahr. Unterbricht man die Nervenbahn zum Hirn oder blockiert man das Messinstrument, tun auch hohe Temperaturen oder verletzender Druck nicht weh! Schmerz kann an jenen Messinstrumenten auch durch Moleküle, zum Beispiel durch den scharfen Wirkstoff der Chili-Schote, ausgelöst werden. In diesem Fall kann das Hirn sogar lernen und entscheiden, ob dieser Schmerz schön ist, dass das Gewürz gut schmeckt oder nicht. – Natürlich ist auch diese Lernfähigkeit genetisch beeinflusst, aber eben nicht diktiert. Die Plastizität des synaptischen Netzwerkes liefert die Bausteine für die Brücke zwischen Natur und Kultur, von *nature* und *nurture*. Die Epigenetik ist die Grundlage der Kompatibilität zwischen „Natur und Kultur“ – oder, wenn man will, zwischen Materie und Geist.

Zusammenfassend geht es mir in diesem ersten Teil meiner Darstellung um Folgendes:

1. Wir wissen nicht, wie Freier Wille, Bewusstsein, bewusstes und absichtliches Handeln funktionieren. Wir können daher den Freien Willen weder leugnen oder zur Illusion erklären noch ihn beweisen, beschreiben. Dies ist ein Problem naturwissenschaftlicher Forschung und nicht des interdisziplinären Diskurses.
2. Wir wissen, dass es keinen Widerspruch zwischen Unberechenbarkeit, vielleicht sogar Unerklärbarkeit menschlichen Denkens und Handelns und einem prinzipiell und lückenlos physikalischen Weltbild gibt.
3. Wir müssen die Ursachen menschlichen Denkens und Handelns in den Gesetzen der Physik und Chemie sehen. Wir müssen aber *auch* die Gründe eben dort unterbringen. Ein Ansatzpunkt hierzu ist die Epigenetik.
4. Bezüglich des Freien Willens sollten wir keine starken Aussagen machen, außer dieser: *ignoramus*.

Wenn wir schon nichts wissen, worüber reden wir dann überhaupt? Ich möchte versuchen darzustellen, wie Handlungsgründe, vergangene und vor allem in der Zukunft liegende Motive zu Ursachen, also zu mechanistischen Stimuli physikalisiert



werden könnten. Wie können Intentionen im Netzwerk der Neuronen zu Handlungsursachen werden? Ich möchte versuchen zu beschreiben, wie Gelerntes, Erfahrenes, Tradiertes im zellulären Netzwerk niedergelegt und zu Ursachen werden.

## Die Mechanik der Gründe: Signaltransduktion

Hierzu wende ich mich nun den Funktionsmechanismen jener Epigenetik zu. Ich behandle den zweiten Schlüsselbegriff meines Themas, die Signaltransduktion. Signaltransduktion ist die Aufnahme und Verarbeitung physikalischer Signale durch Moleküle an der Oberfläche von Zellen, beispielsweise Nervenzellen, und deren Weitergabe an das Innere der Zellen und unter anderem an den Zellkern mit seinen genetischen Informationen. Auf diesem Weg gewinnt zum Beispiel der 440 Hz-Ton seine Bedeutung und wird im synaptischen Netzwerk schließlich als Kammerton A festgehalten. Wie geschieht dies? Ohne exakte Details und allgemein gesprochen: indem letztlich Moleküle die physikalischen Ursachen aufnehmen, dadurch verformt und modifiziert werden, mit anderen Molekülen interagieren, auch diese verformen und modifizieren, auf diese Weise Ketten und Kaskaden von molekularen Strukturen bilden und in diesen das physikalische Signal weiterreichen. Die Verformungen und Modifikationen bleiben zum Teil über längere Zeiträume bestehen und bilden eine bleibende Spur des physikalischen Signals. Auf diese Weise werden auch die Synapsen modifiziert, auch ihre Moleküle werden in die Spur des Signals einbezogen. Geschieht dies an mehreren Synapsen, wird somit ein ganzes Netzwerk von Neuronen verändert, ein Signal wird zur Information, zum Engramm, gespeichert in Molekülen und Zellen.

Nervenzellen sind selbst wiederum Ausgangspunkt physikalischer Signale, die ebenso von Molekülen aufgenommen und weitergeleitet werden und Veränderungen in synaptischen Netzwerken verursachen. Bereits früher gespeicherte Informationen beeinflussen so die neu eingehenden Signale und werden durch diese selbst wiederum modifiziert. Unser konkretes Beispiel: die 440 Hz-Schwingung wird im Netzwerk der Synapsen niedergelegt, trifft dabei aber auf die früher ebenso molekular niedergelegte Information, dass 440 Hz Kammerton A bedeutet.

Derartige Signaltransduktionsketten und -kaskaden sind in den vergangenen Jahrzehnten zu Hunderten entdeckt und erforscht worden. Das Prinzip der Signaltransduktion wurde sehr früh in der Evolution „erfunden“. Signaltransduktion wird im Laufe der Evolution vielfältiger und komplexer; die zu speichernden Informationen werden ja auch vielfältiger und komplexer. Gänzlich anders wurde sie nicht, so dass man sie an Einzellern wie Bakterien und Pantoffeltierchen ebenso untersuchen kann wie an der Meeresschnecke *Aplysia*, wofür Eric Kandel einen Nobelpreis erhielt, oder an der Taufliege *Drosophila* und der Honigbiene *Apis mellifera*, worüber unsere

Kollegen Martin Heisenberg und Randolph Menzel berichteten. Auch bei Säugern und dem Menschen funktioniert sie praktisch gleich. Nur sind die Kaskaden und die resultierenden Netzwerke um ein Vielfaches komplizierter und führen zu den höheren Hirnleistungen, die wir als emergente Phänomene hyperkomplexer unberechenbarer Systeme sehen.

In anderen Worten: unser Sinnessystem besteht aus physikalischen Messinstrumenten, die auf uns einströmende Informationen aus der Umwelt „physikalisieren“ und in Zusammenarbeit mit dem Netzwerk der Neuronen interpretieren und speichern. Grundlage sind ausschließlich physikalische Interaktionen von Molekülen, letztlich chemische Reaktionen.

Um den gesamten Vorgang der Interpretation und Speicherung physikalischer Signale zu erfassen, müsste man nun natürlich die funktionelle Anatomie des Hirns hinzunehmen, das heißt die Wechselwirkungen zwischen Hirnarealen und -geweben. Doch dies ist von Kompetenteren immer wieder dargestellt worden. Meine Aufgabe sehe ich wie gesagt darin, die Lücke zu schließen zwischen den Gründen unseres Handelns, das von diversen Hirngeweben gesteuert wird, und den Ursachen unserer ausschließlich physikalischen Welt. Die Lücke wird auf der *submikroskopischen* Ebene der Zellen und Moleküle geschlossen.

Ein wichtiger Schritt bleibt jedoch noch unerklärt: Wie wird die molekular gespeicherte Information abgerufen und in Aktivität – Denken, Handeln – umgesetzt? Hierfür gibt es zwei Möglichkeiten: Durch einen Anstoß (ein Signal) von außen oder einen Impuls von innen. Ersteres ist weniger interessant, weil es sicher wenig mit Freiem Handeln zu tun hat. Zu Letzterem hier ein paar Stichworte:

Für den Organismus bedeutet „von außen“ seine äußere Umgebung. Für die einzelne Nervenzelle oder für ein synaptisches Netzwerk im Innern ist es im Prinzip das Gleiche: Die zelluläre und molekulare Umwelt einer jeden Zelle und eines jeden Netzwerks ist für diese „außen“, löst also ebenso Nervenaktivität aus wie jene 440 Hz. Die gespeicherte Information, das interpretierte und gelernte Wissen kann also Impuls für weitere Nervenaktivität sein, für einen Gedanken, eine Handlung, eine Absicht.

Die Umwelt der einzelnen Nervenzelle besteht aus diesen Komponenten:

1. dem inneren Milieu, das heißt dem Nahrungs- und Energiezustand, bestimmt durch den Stoffwechsel;
2. dem Zustand sämtlicher Moleküle, insbesondere der Proteinmoleküle, die an Stoffwechsel und Signaltransduktion teilnehmen;
3. den molekularen Strukturen, die unmittelbar an den Synapsen beteiligt sind;
4. den molekularen und elektrischen Signalen, die von den umgebenden Zellen ausgehen;

5. und dem Zustand des Genoms, das heißt der Aktivität oder Inaktivität relevanter Gene.

Die Gene spielen also nur eine Teilrolle. Wenn man sie als eine molekulare Ursache des Geschehens bezeichnet, werden sie von Gründen überlagert, die ebenfalls molekular gespeichert die Aktivität der Nervenzelle und ihrer zellulären Netzpartner bestimmen.

Man kann auf diese Weise naturwissenschaftlich exakt, natürlich mit einem guten Maß an Ungewissheiten und *caveats*, menschliches Handeln beschreiben, bis auf den einen – freilich entscheidenden – Punkt: den Anfang, den Auslöser der Ereigniskette. Zu dem müssen wir aber wie erwähnt noch immer und bis auf weiteres sagen: *Ignoramus* – ich bin versucht hinzuzusetzen: *Ignorabimus*.

# Leben ist das größere Problem

## Philosophische Annäherung an eine Naturgeschichte der Freiheit

**1. Freiheit im Widerstreit.** Über die Freiheit wird derzeit wieder einmal viel gestritten. Schon von den antiken Denkern sind solche Debatten überliefert, die Philosophen des 17. und 18. Jahrhunderts haben sie fortgesetzt, und im 19. Jahrhundert herrschte der Glaube vor, den Streit endgültig erledigen zu können. Dass es dazu nicht gekommen ist, liegt auch an den Widersachern der Freiheit: Denn durch nichts wird die Freiheit besser unter Beweis gestellt, als durch den Versuch, sie zu bestreiten. Warum sollte es nötig sein, sie in Abrede zu stellen, und wie sollte das möglich sein, wenn es Freiheit nicht gäbe?

Der Versuch, sie zu bestreiten, könnte nur dann als „unfrei“ bezeichnet werden, wenn der Theoretiker zu seinen abschlägigen Thesen gezwungen worden wäre. Denkbar wäre auch, dass er unter Drogen stünde. Doch ich bin weit entfernt, mit einer despektierlichen Mutmaßung aufzuwarten. Vielmehr achte ich auch die Freiheit derer, die sie bestreiten, und wesentlich mit Blick auf die freiwilligen Gegner der Freiheit unternehme ich einen auf Anschaulichkeit angelegten Versuch, die Freiheit philosophisch so zu beschreiben, dass auch die lebenswissenschaftlichen Apostaten der Freiheit erkennen können, wie sehr die Freiheit sie nicht nur persönlich, sondern auch in ihrem eigenen Fach, vornehmlich in Physiologie und Biologie, berührt.

**2. Die alltägliche Gegenwart der Freiheit.** Freiheit, von der wir Menschen mit Rekurs auf unser Selbstbewusstsein sprechen, ist die Freiheit unseres eigenen Tuns. Wir wollen tun und lassen, was wir wollen, und wenn uns daran etwas hindert, sehen wir unsere Freiheit eingeschränkt. Die Hindernisse können verschieden sein, wie uns die Rede von der „Beinfreiheit“, die wir uns im Fond eines Wagens wünschen, die „Armfreiheit“, auf die wir bei der Anprobe eines Jacketts zu achten haben, oder die „Bewegungsfreiheit“ eines Kindes im Laufstall lehrt. Hindernisse anderer Art sind im Spiel, wenn von der „Reisefreiheit“ des Touristen, von der „Niederlassungsfreiheit“ des Arztes oder von der „Meinungsfreiheit“ die Rede ist.

Freiheit ist also ein Wort, das in vielen Lagen zur Anwendung kommt. Sogar in der Physik ist von den „Freiheitsgraden“ eines beweglichen Körpers die Rede. Aber die vielfältige Verwendung schließt nicht aus, dass es einen erkennbaren Ausgangspunkt für den weit gefächerten Gebrauch des Ausdrucks gibt.

Die Etymologie des Wortes verweist auf den gesellschaftlichen Handlungszusammenhang des Menschen. „Freiheit“ hängt in seiner Herkunft mit „Freund“ und „Frieden“ zusammen; es bezeichnet bereits in einer frühen gotischen Verwendung den „Zustand der Freihalsigkeit“.<sup>1</sup> Dazu braucht man nur zu wissen, dass der Ring um den Hals das altgermanische Kennzeichen der Sklaven war. „Frei“ war einer, der nicht direkt dem Willen eines anderen unterstand und somit seinem eigenen Willen folgen konnte. Als „Freier“ ließ sich somit auch ein Mann bezeichnen, der eine heiratsfähige Frau aus der Verfügung der väterlichen Gewalt befreite.

**3. Das individuelle Bewusstsein der Freiheit.** Selbst wenn die Etymologie uns in die Irre führte, können wir ganz sicher sein, dass die Bedingung für eine sinnvolle Verwendung des Begriffs in der menschlichen Selbsterfahrung liegt. Wer nicht von sich aus weiß, was es heißt, von etwas frei zu kommen, in etwas frei zu sein oder aber eingesperrt zu werden, der wird wohl nie verstehen, was „Freiheit“ heißt. Zwar kann er beobachten, wie ein von der Leine losgelassener Hund seine Bewegungslust austobt; er wird auch eine Ahnung davon haben, warum Tiere im Zoo so traurig wirken und warum „Gefängnis“ als eine Strafe gilt; vermutlich wird er auch die Bilder von der Maueröffnung im Herbst 1989 nicht ohne Anteilnahme sehen. Deshalb ist nicht auszuschließen, dass er sich in einem Test zu einem weitgehend korrekten Gebrauch des Wortes „Freiheit“ als fähig erweist. Aber verstehen, was Freiheit bedeutet und warum sie dem Menschen so wichtig ist, wird er vermutlich nicht.

Zu diesem Verständnis gelangt man nur, indem man die Freiheit an sich selbst erfährt. Der letzte Schultag vor den Sommerferien, die Lust, ungestört im eigenen Zimmer zu sein, die Erlaubnis, aus dem Bücherschrank lesen zu dürfen, was immer man will, oder der erste Einkauf mit eigenem Geld: Das sind Situationen, in denen die Freiheit offenkundig ist. Auch der alljährlich wiederkehrende Kampf gegen die kratzigen Winterstrümpfe, gegen das elende „Leibchen“ und die viel zu langen „kurzen Hosen“ ist in meiner Erinnerung mit echtem Freiheitsbewusstsein verbunden. Oder, viel später, das Gewicht der eigenen Entscheidung für die Philosophie und damit gegen den versammelten Rat der Familie.

Das sind mögliche Erfahrungen, die den ursprünglichen Sinn des Begriffs der Freiheit bestimmen. Es ist das aus eigenem Erleben stammende, individuelle Freiheits-

---

<sup>1</sup> Kluge, Friedrich: Etymologisches Wörterbuch, 3. Aufl., Straßburg 1884.

bewusstsein, das uns verstehen lässt, was Freiheit heißt. Es ist nicht zu sehen, warum dieses Bewusstsein im Widerspruch zu den Kausalrelationen der Natur stehen soll.

**4. Kleine Phänomenologie der Freiheit.** Die Selbsterfahrung der eigenen Freiheit dürfte eng mit dem Selbstvollzug unserer Lebendigkeit verbunden sein. Deshalb reichen ihre Wurzeln mit Sicherheit weit in die Naturgeschichte des Lebens zurück. Folglich ist es auch nicht abwegig, Analogien mit dem ungehinderten Lebensvollzug von Pflanzen und Tieren herzustellen. Sie werden von Spinozas umfassender Definition der Freiheit abgedeckt,<sup>2</sup> passen aber auch zum weitläufigen Alltagsgebrauch des Begriffs. Es ist daher keineswegs vergeblich, sich an einer Naturgeschichte der Freiheit zu versuchen, die das, was der Mensch an sich selbst erfährt, in einen evolutionären Kontext stellt.

Zunächst aber ist festzuhalten, wie eng der skizzierte menschliche Erfahrungszusammenhang an das humane Selbstbewusstsein gebunden ist. Überall dort, wo sich das Individuum als Urheber seiner eigenen Bewegungen erlebt, wo es ihm gelingt, sich selbst aus einer unbequemen Lage zu befreien, wo es einem eigenen Wunsch nachgibt oder sich dem Verlangen eines anderen widersetzt, auch dort, wo es sich selbst bemühen, seine eigenen Kräfte einsetzen oder aus eigenem Impuls Ja oder Nein sagen kann: In allen diesen Fällen liegen Erfahrungen vor, die mit dem Bewusstsein der Freiheit verbunden sind.

Die Erfahrung der Selbstbewegung aus eigenem Impuls gewinnt an Prägnanz, sobald sie im Kontrast zu den Impulsen anderer steht. Das geschieht wesentlich durch die Artikulation seines Willens, in dem es den Impuls des eigenen Strebens für andere kenntlich zu machen sucht. Das Erleben der eigenen Freiheit ist mit der Ausübung des eigenen Wollens verknüpft. Dieses Wollen ist, wie Nietzsche sagt, auf „etwas“ gerichtet. Aber das Selbstverständnis des Willens ist immer auch dadurch bestimmt, dass er sich im Verein mit und im Gegensatz zum Willen anderer zu behaupten hat. Wollen ist ausdrücklich eigenes Wollen, das sich in Relation zum Willen eines Gegenübers begreift.

Zwar wird man nachträglich auch dort, wo man ohne nachzudenken einfach seinen Eingebungen gefolgt ist, von Ungebundenheit und Freiheit sprechen. Andererseits kann man sich als extrem unfrei erfahren, wenn die Tür hinter einem ins Schloss gefallen ist, und der Weg zurück versperrt ist. Der vom Hochwasser Eingeschlos-

---

<sup>2</sup> „Dasjenige Ding heißt frei, das aus der bloßen Notwendigkeit seiner Natur da ist und allein von sich zum Handeln bestimmt wird; notwendig aber oder vielmehr gezwungen (*necessaria autem, vel potius coacta*) dasjenige, was von einem anderen bestimmt wird, auf gewisse und bestimmte Weise zu sein und zu wirken.“ (Spinoza: Ethik, I, 7. Definition).

sene, der vom Schnee Verschüttete, der vor Schreck Gelähmte wird sich in extremer Bedrängnis fühlen; niemand käme auf die Idee, ihn als frei zu begreifen, selbst wenn er noch über Handlungsalternativen verfügte. Hier ist es nicht der Willen eines anderen, der für die Einschränkung verantwortlich ist, sondern die Situation ist durch einen ungewöhnlichen Umstand derart verändert, dass die gewohnten Handlungschancen nicht gegeben sind.

Gleichwohl dürfte sich das Bewusstsein der menschlichen Freiheit wesentlich in jenen Lagen schärfen, in denen man sich gegen den Willen anderer zu behaupten hat. Das schließt nicht aus, dass man es als erhebend und befreiend empfindet, wenn man sich ohne Zwang dem Willen anderer anschließen kann. Aber dieses „ohne Zwang“, das für das Erleben der Freiheit grundlegend ist, kann nur in Relation zum Willen anderer verstanden werden. Und da Unfreiheit mit Sicherheit dort gegeben ist, wo man unter dem Diktat des Willens eines anderen steht, darf man im Umkehrschluss behaupten, dass die eigene Freiheit sich im Vollzug des eigenen Willens entfaltet.

**5. Freiheit im Gegeneinander der Willen.** In ihrer artikulierten Form, so kann man den Ertrag der kleinen Phänomenologie resümieren, bringt die Freiheit einen gesellschaftlichen Tatbestand zum Ausdruck: Sie geht zwar von der Fähigkeit zur individuellen Selbstbewegung aus, setzt aber nicht nur die Kompetenz zum eigenen Handeln, sondern auch zur Verständigung über die eigenen Absichten voraus. Ferner unterstellt sie die Realität gegensätzlicher (und allemal auch individueller) Impulse. Denn nur im polaren Feld von Gegensatz und möglichem Einverständnis kann das eigene Wollen wirklich als frei oder unfrei erfahren werden.

Damit kann man die Essenz der Freiheit in der Befreiung von der Verfügung durch den Willen eines anderen sehen. Ursprünglich ist jedes Individuum dem Willen anderer unterworfen. In der Regel sind es die Eltern, die das Kind in ihrer Obhut haben und nach ihrer eigenen Einsicht mit ihm verfahren. Doch die organische Eigenständigkeit des Einzelnen greift in einer normalen Entwicklung sukzessive auf den Bewegungsapparat und den Ausdruck über. Das Individuum kann, muss und will sich aus eigenem Antrieb bewegen und hat sich zunehmend eigenständig zu artikulieren. So entsteht und wächst die Geschicklichkeit im Umgang mit sich selbst, die eine weitreichende Kontrolle auch sozial gerichteter Äußerungen im Gefolge hat.

Zugleich wachsen die Eigeninteressen und rufen unvermeidlich Konflikte hervor. Sie sind es, in denen sich der Wille des Einzelnen schärft. Im trotzigem „Nein“ des Kindes wird er ihm selbst und anderen vermutlich zuerst bewusst. Sobald er sich differenzierter äußern kann, wird der Wille zu einem für einen selbst wie für die anderen erkennbaren Movens der Freiheit, die ihr sicherstes Bewusstsein in der Unabhängigkeit vom Willen eines anderen hat.

Die Eigenständigkeit des eigenen Wollens ist es somit, die wir meinen, wenn wir von Freiheit sprechen. Solange sich ein Mensch nach seinen eigenen Einsichten richten, solange er nach seinen eigenen Gründen handeln kann, begreift er sich als frei. Und daran ändert sich nichts, wenn er die Natur sowohl im Ganzen wie auch im Detail als „determiniert“ bezeichnet. Die „Kausalität aus Freiheit“, von der man im Anschluss an Kant bis heute spricht, bezieht sich auf die Urheberschaft für das eigene Tun. Deren Subjekt ist das sich artikulierende „Selbst“ und damit das sich seiner selbst bewusste Ich, das keinen Anhaltspunkt dafür gibt, die Kausalität des Individuums könne zur Kausalität der Natur in Widerspruch stehen.

Die Zuschreibung der Urheberschaft erfolgt übrigens nicht mit Blick auf die Hand, die den Backenstreich tut. Die Freiheit ist nicht auf die Lippen beschränkt, über die das unbedachte Wort gegangen ist, und meint, selbst wenn sich jemand aus Ärger über sein Tun an die Stirne fasst, niemals bloß seinen Kopf oder das, was darinnen ist. Sie ist vielmehr stets auf den ganzen Menschen gerichtet, und zwar auf die Einheit, die er in seinem Empfinden, Erleben und Handeln selbst erfährt, die aber auch von seinesgleichen wahrgenommen und angesprochen wird.

Die organische Einheit eines Lebewesens trägt auch den praktischen, semantischen und symbolischen Konnex seiner Bewegungen. Die Einheit in der Wirkung und im Sinn seiner Äußerungen hat ihren Grund in der organischen Selbstbezüglichkeit des lebendigen Wesens, bei dem alles, was aus eigenen Systembedingungen heraus erfolgt, als Funktion eben dieses Systems angesehen werden muss. Noch dessen Offenheit und Veränderbarkeit stehen im Interesse des Systems. Folglich kann, ja, muss man auch die affektiven und intelligiblen Leistungen eines Organismus als Momente im Vollzug seiner Eigenart verstehen. Alles, was ihn daran hindert, nach seiner Eigenart zu agieren und zu reagieren, schränkt ihn derart ein, dass man von der Behinderung seines Lebensvollzugs sprechen kann. Das wäre ein Zustand, in dem man das Lebewesen nicht mehr als „frei“ bezeichnen könnte.

Doch lassen wir zunächst noch offen, ob sich der Begriff der Freiheit auch auf die ungehinderte Entfaltung nicht-menschlicher Lebewesen beziehen lässt. Beim Menschen ist es so, dass wir von Freiheit dort sprechen, wo er sich als Ganzer uneingeschränkt zum Ausdruck bringen kann. Dabei findet sie ihre Grenze an der Freiheit anderer, nicht aber an der Natur, erst recht nicht am Gehirn des Menschen, selbst wenn es so determiniert oder so determinierend wäre, wie es die Abtrünnigen der Freiheit, die ihre Freiheit nutzen, um Freiheit zu bestreiten, glauben.

Das hier skizzierte Verständnis von Freiheit hat eine lange Tradition. Jean Bodin hat ihm zu einem klassischen Ausdruck verholfen: „Natürliche Freiheit bedeutet für uns, ... keinem lebenden Menschen unterworfen zu sein und von niemand anderem



Befehle entgegennehmen zu haben als von sich selbst, d. h. von der eigenen Vernunft, die stets im Einklang mit dem Willen Gottes steht.“<sup>3</sup>

**6. Freiheit nur unter der Gesetzmäßigkeit der Natur.** Auch wenn im Gebrauch des ursprünglich auf den handelnden Menschen bezogenen Freiheitsbegriffs die Kausalität der Naturereignisse gar kein Thema ist, bleibt es eine unausweichliche Frage, wie denn der Mensch mit seinem ihn als Einheit auszeichnenden Freiheitsbewusstsein in den Zusammenhang jener Naturvorgänge passt, denen er selbst als Naturwesen zugehört und die er durch den Begriff der Kausalität zu erfassen sucht.

Die erste und wichtigste Auskunft ist die, dass der Mensch in seinem Freiheitsbewusstsein auf nichts so sehr angewiesen ist, wie auf die Verlässlichkeit der ihm bekannten Natur. Bei jedem Schritt, den er tut, bei jedem Bissen, den er schluckt, bei jedem Werkzeug, das er einsetzt, und bei jedem Haus, das er baut, vertraut er auf die unverbrüchliche Gesetzmäßigkeit der umgebenden Welt. Mag er die strikte, alles Geschehen tragende Geltung des Gesetzes der Kausalität auch noch so spät entdeckt und beschrieben haben: In der Sache gründet er seinen Umgang mit den Dingen schon immer auf die lückenlose Geltung der Naturgesetzlichkeit.

Wie hätte der Mensch Waffen ohne die Annahme herstellen können, dass sie immer auf dieselbe Weise wirken und durchschnittlich nur den verletzen, gegen den sie gerichtet sind? Wie hätten die Menschen je das Feuer domestizieren können, wenn sie hätten befürchten müssen, dass es jederzeit auch auf die Steine, die Erde, den Ofen oder das Löschwasser übergreift? Was hätten ihnen das Lernen und die Wissenschaft gebracht, wenn die Natur wirklich voller Lücken wäre, die sich erst dadurch füllen, dass einer sie mit freien Handlungen auszustopfen sucht?

Im Wissen und im handwerklichen Tun, im Planen und Erinnern, im Umgang mit dem eigenen Körper und den Gegenständen der äußeren Welt, seien es die gebrannten Ziegel, das Saatgut oder das Vieh: In alledem geht der Mensch von der Regelmäßigkeit des Naturgeschehens aus. Er nimmt sie als Voraussetzung seines Handelns an, setzt sie nach Art eines Mittels ein und kann gar nicht umhin, sie auch noch jenen Zuständen zu unterstellen, die er mit seinen willentlichen Aktivitäten erreichen will. Warum denn sollte er selbst eine Ausnahme von den Naturerscheinungen sein? Oder wird er es schon dadurch, dass er sich zur Ausnahme erklärt?

---

<sup>3</sup> Bodin, Jean: Sechs Bücher über den Staat (1572), Buch I, Abschnitt 3. Dass Bodin nicht nur an die Übereinstimmung der *eigenen* Tat mit dem *eigenen* Willen, sondern auch an eine Koinzidenz mit dem Willen Gottes denkt, bringt den Anspruch auf die *Vernunft* im eigenen Willen zum Ausdruck. Wenn der Einzelne mit seinem Wollen nicht nur im Augenblick übereinstimmen will, muss er sich auf einsichtige Gründe stützen, deren Angemessenheit im Horizont seiner Selbst- und Weltkenntnis tatsächlich am besten dadurch angezeigt werden kann, dass man glauben darf, sie entsprächen dem Willen Gottes.

Zur Ausnahme macht sich der Mensch jedenfalls noch nicht, wenn er anderen absichtlich ein Zeichen für das gibt, was geschehen oder verhindert werden soll. Auch andere Lebewesen geben sich Zeichen, die Reaktionen, wie gemeinsame Aufmerksamkeit oder Flucht, veranlassen. Auch hier sind gleich bleibende Ursachen und Wirkungen nicht nur tatsächlich gegeben, sondern auch von den reagierenden Wesen unterstellt. Nicht nur in der Verständigung über gemeinsame Reaktionen, sondern auch in der Täuschung von Feinden sind Regelmäßigkeiten habitualisiert, die kenntlich machen, dass die Funktion des Organismus auf der Gesetzmäßigkeit der Naturprozesse basiert. Deshalb geht man nicht zu weit, wenn man behauptet, dass Freiheit nur möglich ist, wo sich der Mensch auf die lückenlose Kausalität der Natur verlassen kann. Diese Behauptung gilt im Übrigen nicht nur für die äußeren Handlungskonditionen, sondern auch für die Vorgänge im Inneren des Organismus. Jeder Mensch, der isst und trinkt, weiß davon, und wer eine Kopfschmerztablette nimmt, glaubt daran. Mehr noch: Er müsste an sich selber irre werden, wenn seine Kausalität aus Freiheit im Widerspruch zur Kausalität der physischen und physiologischen – und am Ende natürlich auch – der neuronalen Prozesse stünde.

**7. Die Natur im Widerstreit mit sich selbst.** Die Natur, die wir sind, die wir erleben und die wir in separierten begrifflichen Leistungen erkennen, ist kein linearer Prozess im ungehinderten Übergang von Ursachen zu Wirkungen. Sie ist zunächst und in allem ein unendlich vielfältiges, myriadenhaft individuiertes und organisiertes, in labilen Gleichgewichten nur zeitweilig austariertes, aber fortlaufend durch sich selbst gestörtes Konglomerat von Gegensätzen, das überdies in seiner energetischen Grundstruktur auf Quanten beruht, deren Verhalten sich unter keinen Bedingungen berechnen lässt.

Vermutlich ginge man schon zu weit, wenn man von einem „System“ repulsiver und attraktiver, antagonistischer und symbiotischer Kräfte spräche. Aber es kommt unserem Verlangen, selbst Einheit zu sein, entgegen, wenn wir auch unser Gegenüber als Einheit begreifen. Und die Freiheit, die mit unserem Einheitsverlangen auf das Engste verbunden ist, schreiben wir auch diesem Gegenüber zu. Daher die Neigung, die Natur als Ganze selbst als lebendig und eigenständig anzusehen und sie begrifflich entsprechend auszuzeichnen.

Gleichwohl verzichte ich darauf, einen Begriff für das Flimmern der Energien zu finden, das sich uns als Natur zu erkennen gibt. Sicher ist nur, dass wir viel zu wenig sagen, wenn wir die kausale Ordnung exponieren, ohne hinzuzufügen, dass sich die Kausalität offenbar bestens mit der inkommensurablen Vielfalt und den chaotischen Gegensätzen in ihrer realen Bewegung verträgt. Erst die Kausalität ermöglicht die Bildung und Verstärkung einzelner Kräfte, und es schmälert ihre Gesetzmäßigkeit keineswegs, dass sie es ist, die alles wieder zerstört.

Das gilt vor allem für die belebte Natur. Hier konzentrieren und multiplizieren sich die Gegensätze ins Unabsehbare. Hier bilden sich immer neue Einheiten, die Lebensformen zerstören und schaffen, welche ihrerseits neuartige Widerstände stimulieren. Am selben Individuum und in derselben Gattung gibt es einen rhythmischen Wechsel von Steigerung und Verfall. Unablässig werden Einheiten gebildet und wieder vernichtet, einzelne Wesen entstehen und vergehen, wobei es immer wieder vorkommt, dass sich völlig neue Arten ergeben.

In diesem synergetischen Feld fortgesetzter Kongruenzen und Oppositionen treten also lebendige Wesen auf, von denen sich, ohne dass es jemand bestreitet, sagen lässt, dass sie sich „aus eigenem Antrieb“ bewegen. Auch wenn ihre Bewegungen auf Naturgesetzen beruhen und obgleich sie durch und durch aus lückenlos aneinander liegenden Stoffen bestehen, die selbst ihrer spezifischen Gesetzmäßigkeit folgen, haben die lebendigen Wesen dennoch ihre eigene Dynamik, die sich nach ihren gattungsspezifischen Strukturen und nach Maßgabe ihrer Lernprozesse vollzieht. Angesichts der von den Apostaten der Freiheit unterstellten These einer durchgängig durch Kausalität festgelegten Natur ist das ein höchst unwahrscheinlicher, vielleicht sogar unmöglicher Tatbestand.

Und dennoch gibt es ihn. Er manifestiert sich in jedem Akt des Lebens, das dieselben Theoretiker, die Freiheit bestreiten, als „spontan“ verursacht und als „eigengesetzlich“ beschreiben.<sup>4</sup> Wenn es aber spontane Bewegung, eigene Dynamik und sich selbst erhaltende Strukturen gibt, dann ist nicht einzusehen, warum es ausgerechnet die Freiheit nicht geben soll, die diese Ursprünglichkeit und Eigengesetzlichkeit eines lebendigen Wesens zum Ausdruck bringt.

**8. Das Beispiel eines Schmetterlings.** Es scheint niemanden zu wundern, dass die Kausalität der Natur eine so große Vielfalt an Formen hervorzubringen vermag und mit ihnen zahllose Wesen, die sich wechselseitig ihre Existenz streitig machen. Ehe wir uns über die Freiheit wundern, sollten wir darüber staunen, dass die Naturkausalität überhaupt so etwas wie Leben zulässt.

Möglich ist das Leben nur, weil die Natur nicht in geschlossener Front marschiert. Sie wird nicht von einer einzigen Kausalkette gezogen, sondern besteht auf einer Vielzahl sich wechselseitig verstärkender, behindernder und vernichtender Kräfte, und es ist das Wechselspiel dieser Kräfte, das zum Aufbau organischer Einheiten so genutzt wird, dass sie sich selbst als eine Kraft behaupten kann, die durch die Integration widerstreitender Kräfte entsteht und alles andere als eindeutig berechenbar

---

<sup>4</sup> Roth, Gerhard: Gehirn und Selbstorganisation. In: Krohn, W. & G. Küppers (Hg.), Selbstorganisation. Aspekte einer wissenschaftlichen Revolution, Braunschweig, Wiesbaden 1990, S. 167–180.

ist. Angesichts der Vielfalt tatsächlich wirkender Kräfte ist es, trotz strikter Determination, noch nicht einmal möglich, die nächstliegende Wirkung vorherzusehen.<sup>5</sup> Vielleicht kann man das an einem Beispiel illustrieren: Bei einem Schmetterling erfolgt der kontingente Richtungswechsel in Bruchteilen von Sekunden. Jede seiner ausgeführten Bewegungen dürfte kausal verursacht und dennoch vorab kaum berechenbar sein, weil viel zu viele vorher gar nicht absehbare Kräfte von außen auf den Organismus und (teils in Reaktion darauf, teils aus eigenen Strukturbedingungen) in ihm selber wirken. Jede Analyse der Bewegung des Schmetterlings hat mit der Vielzahl von inneren und äußeren Ursachen zu rechnen, deren Wirkungen in der Bewegung des Insekts zwar eindeutig sind, aber dennoch schwer vorausberechnet werden können.

Das kann nur gelingen, wenn man die Ganzheit des Organismus ins Kalkül zieht: Der Organismus ist das „System“, das viele Kräfte auf die für das Ganze charakteristische Weise vermittelt. Dabei verfährt es in den einzelnen Akten kausal, aber die Kausalität des Systems, die sich in den realen Bewegungen des Schmetterlings zeigt, kann nicht auf ein lineares Ursache-Wirkungsschema reduziert werden, weil viele Ursachen gegenläufig ineinanderwirken.<sup>6</sup> Dadurch, dass sich das System als Ganzes „verhält“, kann es seine eigenen Bewegungsmuster reproduzieren. Und solange dem System keine Gewalt angetan wird, bewegt es sich nach seinem eigenen Gesetz. Wenn ein menschliches Wesen dieser Eigengesetzlichkeit folgt, nennen wir es „frei“. Warum sollte man diese Redeweise nicht auf andere Lebewesen übertragen können? Ein Schmetterling im Netz ist nicht mehr frei zu nennen, aber solange er ungehindert über Wiesen und Hecken fliegt, sehr wohl.

**9. Eigenes im Wechselspiel der Kräfte.** Ich stelle erneut die für das Verständnis von Freiheit entscheidende, aber in der Regel vergessene Frage: Wie können unter den lückenlos wirksamen kausalen Kräften der Natur überhaupt die Bewegungs-

---

<sup>5</sup> In der nüchternen Sprache von Andreas Herz: „Die Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten eines Ereignisses gehorchen dabei zwar deterministischen Gesetzen; ob das Ereignis jedoch auch eintritt, und wann dies geschieht, ist unvorhersagbar. Zusätzlich stellt ein Organismus kein abgeschlossenes System dar, sondern steht andauernd mit seiner beliebig hochdimensionalen Umwelt in Verbindung. Aus beiden Gründen kann die zukünftige Entwicklung eines Organismus selbst bei vollständig bekannten internen Anfangsbedingungen nicht exakt vorausgesagt werden.“ (s. *Neuronaler Determinismus: Nur eine Illusion?* In: Heilinger, Jan-Christoph (Hg.), *Naturgeschichte der Freiheit*, Berlin, New York: de Gruyter, 2007, S. 35).

<sup>6</sup> Von einer näheren Betrachtung der nicht eindeutig determinierten offenen Systeme organischer Wesen sehe ich hier ab und verweise auf den Beitrag von Andreas V. M. Herz, *Neuronaler Determinismus und Naturwissenschaft* (wie Anm. 5).

spielräume entstehen, die sich im Sinn der Freiheit deuten lassen? Die Antwort erfordert eine Reflexion auf die Natur, deren Mechanik es offenbar nicht verhindert, dass Leben entsteht.

Schon diese Art zu reden könnte anstößig klingen, weil es doch die Mechanik der Natur sein muss, die Leben möglich macht. Wie anders sollte denn Leben entstanden sein, als unter den Konditionen unausgesetzter Kausalität? Die Frage aber ist, wie die strikte Folge von Ursachen und Wirkungen dazu führen kann, dass sich inmitten der Mechanik der Natur separierte Kräfte und Kraftzentren bilden, die ihre eigene Ordnung haben, um ihr entsprechend zu selektieren und zu reagieren.<sup>7</sup> Dass eine Amöbe ihre eigenen Rezeptions- und Reaktionsformen ausprägt, ist angesichts der Uniformität des Kausalitätsprinzips ein erstaunlicher Tatbestand.

Nicht weniger verwunderlich ist die Fähigkeit höher organisierter Lebewesen, nicht nur spezifische, sondern auch individuelle Verhaltensformen auszubilden. Sie leben im selben Umfeld und haben den gleichen Aufbau, können sich aber dennoch unterschiedlich verhalten. Sie können Spielräume nutzen und auf veränderte Lagen mit veränderten Programmen reagieren. Eben darin zeigt sich die Eigenart des Lebens, das Organismen schafft, welche die Fähigkeit auszeichnet, sich aus eigenem Impuls und in eigener Dynamik zu erhalten. Das Leben hat seine Eigenart darin, dass es Systeme schafft, die nach ihrer eigenen Gesetzmäßigkeit verfahren. Die Aussage gilt sowohl für einzelne Wesen als auch für die Populationen, in denen sie möglich sind.

Allein die Tatsache, dass die Individualität eines Lebewesens nicht nur in seiner Gestalt, sondern auch in seinen Verhaltensformen zum Ausdruck kommt, beweist einen Spielraum der lebendigen Natur, der nicht entstehen könnte, wenn es nur die lineare Kausalität der mechanischen Kräfte gäbe. Tatsächlich aber herrscht der Widerstreit unablässig aufeinander einwirkender Kräfte, die sich stören und verstärken, aufheben und neu entstehen, in Gleichgewichtslagen binden und wieder daraus lösen lassen. Es gibt die systemisch geordneten Wirkungsformen lebendiger Wesen, die jeder Art zu ihrer spezifischen und jedem Organismus zu seiner individuellen Form des Verhaltens verhilft. Dadurch sind eigene Äußerungsweisen möglich. Wo es aber Eigenes gibt, kann es von anderem gefördert, eingeschränkt oder beseitigt werden. Das entspricht den Wirkungsformen, die wir aus dem Gebrauch der menschlichen Freiheit kennen – auch und gerade dort, wo sie behindert wird.

---

<sup>7</sup> Julian Nida-Rümelin bietet dafür eine verblüffend einfache Erklärung, indem er in seinem Kugelexperiment demonstriert, dass selbst eine strikt kausale Naturordnung nicht alle Ereignisfolgen festlegt (s. Nida-Rümelin, Julian: Über menschliche Freiheit, Stuttgart 2005, § 5; ders.: Strukturelle Rationalität, Stuttgart 2001, Kapitel 2).

Wer nun die Besonderheiten einer Gattung oder eines Lebewesens mit der Kausalität der Natur für vereinbar hält, der hat nicht länger Grund, einen Widerspruch zwischen Kausalität und Freiheit anzunehmen. Denn Freiheit ist der prozessuale Ausdruck der Eigentümlichkeit eines menschlichen Wesens – in Relation zur Eigentümlichkeit von seinesgleichen. Sollte es gelingen, dieses Verständnis von Freiheit plausibel zu machen, böte es die Chance, Vorformen der Freiheit auch bei anderen lebendigen Wesen kenntlich zu machen. Das entspricht der Wahrnehmung durch den unbefangenen urteilenden Menschen, der Freiheit (als die nicht behinderte Spontaneität seines eigenen Selbst) im strengen Sinn zwar nur von sich selber kennt, in der lebendigen Natur aber dennoch das ihm Verwandte empfindet. So war es Leibniz und Kant, Goethe und Alexander von Humboldt möglich, die „freie Natur“ des Lebens zu bewundern, die sie von der „gefesselten Natur“ rein mechanischer Prozesse zu unterscheiden wussten.<sup>8</sup>

**10. Der natürliche Sockel der Freiheit.** „Freiheit“ bezeichnet die ungehinderte Entfaltung einer lebendigen Bewegung nach den Konditionen, die für das Lebewesen spezifisch sind. Beim Mensch liegt diese Kondition im eigenen Willen und in der eigenen Einsicht. Beide treten in der Regel als Anwälte der organischen Eigenständigkeit des menschlichen Wesens auf. Auch jener Akt, in dem sie verschwinden, nämlich im gelingenden Suizid, kann noch als freier Akt der Sicherung der personalen Integrität begriffen werden. In diesem Fall liegt die Eigenständigkeit im Bewusstsein sozialer und moralischer Verbindlichkeiten, mit denen sich eine Person identifiziert. Also kann sie selbst noch in einer aussichtslosen Lage, in der ihr kein Handlungsspielraum mehr zu bleiben scheint, den Akt der Selbsttötung als frei begreifen.

Sehen wir von der Grenzsituation der Selbsttötung ab, dann liegt die Freiheit des Menschen in der ungehinderten Eigenständigkeit einer Selbstbewegung, die auf die Erhaltung des Lebens bezogen ist. Die Instanz, welche diese Einheit wahrt, kann als Bewusstsein bezeichnet werden, dass seinerseits Instanzen und Instrumentarien zur Regulierung und Steuerung des Verhaltens in einem durch Wissen und soziale Verbindlichkeiten strukturierten Umfeld ausbildet. Vernunft, Einsicht oder Wille sind solche Instanzen und Instrumentarien. Der übliche Begriffsgebrauch von Freiheit ist auf ihren Einsatz, kurz: auf die intelligiblen Fähigkeiten des Menschen bezogen. Es gibt keinen Anlass, daran etwas zu ändern. Gleichwohl kann es das Verständnis

---

<sup>8</sup> Dazu Kaulbach, Friedrich: Philosophie der Bewegung, Köln 1965, S. 23ff.; ders.: Philosophie der Beschreibung, Köln, Graz 1968, S. 62ff.; ferner: Hamel, Jürgen, Knobloch, Eberhard & Herbert Pieper (Hg.): Alexander von Humboldt in Berlin. Sein Einfluß auf die Entwicklung der Wissenschaften. Beiträge zu einem Symposium, Augsburg 2003.

dieses Begriffs von Freiheit erhellen, wenn wir seinen Geltungsbereich versuchsweise auf das Verhalten von Lebewesen übertragen, die vermutlich nicht über Vernunft, Einsicht und Wille verfügen.

Jedermann weiß, dass in den Freiheitsimpuls des Menschen auch andere Momente eingehen können. Ohne Antriebe, Empfindungen, Gefühle und Gewohnheiten hätte es keinen Sinn von Freiheit zu sprechen. Oft vollstreckt der Wille nur, was die Affekte fordern. Doch auch dann ist er nicht unfrei. Zwar entspricht es dem Ideal, möglichst nur nach eigener Einsicht zu entscheiden, aber im Einzelfall muss jede menschliche Handlung, die von anderen nicht erzwungen ist, als „frei“ bezeichnet werden.<sup>9</sup> In ihr folgt der Mensch seinem eigenen Impuls – bricht auf, wohin er will, liebt die Frau, die ihm gefällt, oder kauft Dinge, die er gar nicht braucht.

Wenn es dem üblichen Sprachgebrauch nicht entgegensteht, auch in diesen Fällen menschlichen Verhaltens von Freiheit zu sprechen, und wenn überdies auch noch darauf verwiesen werden kann, dass diese Rede als durchaus konsequent bezeichnet werden kann,<sup>10</sup> spricht ebenfalls nichts dagegen, den Begriff der Freiheit auf tierisches Verhalten anzuwenden, von dem wir annehmen, dass es ohne die Regulation durch Vernunft, Einsicht und Wille auskommt. Gesetzt, man versteht Freiheit als den (spontanen und nicht gewaltsam behinderten) Vollzug der Eigenständigkeit, kann man sie auch auf andere Lebewesen übertragen, obgleich eindeutige Hinweise auf die Wirksamkeit eigener Einsicht und eigenen Willens fehlen: Auch ein nur seinen spontanen Regungen, seinem eigenen Verhaltensprogramm oder den gattungsspezifischen Regeln seiner sozialen Einheit folgendes Lebewesen kann als „frei“ gelten, solange es nicht in der Falle sitzt, in einen Käfig gesperrt ist oder an der Leine laufen muss.

Wenn im Kontext unablässig mit- und gegeneinander auftretender Kräfte, die strenge kausale Gesetze vollstrecken, so etwas wie Leben auftreten kann, ja, wenn es unter ihren Bedingungen sogar möglich ist, von Überraschung, Zufall oder fehlender Berechenbarkeit zu sprechen, dann kann es auch kein Problem sein, eben hier Freiheit für möglich zu halten, ohne von einem Widerspruch zur kausalen Determiniertheit auszugehen. Man muss nur in Erinnerung haben, dass die Erfahrung von Freiheit im vollen Sinn des Wortes nur im Kontext des menschlichen Handelns möglich ist. Von hier aus kann der Mensch dann Vorformen seiner Freiheit im Verhalten der Tiere erkennen.

---

<sup>9</sup> Hinzukommen Handlungen, die durch einen schweren organischen Defekt, wie zum Beispiel bei einer Sucht, hervorgerufen werden.

<sup>10</sup> Etwa dann, wenn jemand seinen Intuitionen folgt und sich von den Gründen anderer nicht beirren lässt. Auch dann handelt er im üblichen Verständnis „frei“.

Sogar die – ihrer spezifischen Natur entsprechende – Hinwendung der Pflanzen zum Licht kann der Mensch als eine Vorstufe seiner eigenen Freiheit wahrnehmen, zumal es auch hier die Möglichkeit gibt, die Pflanzen zu reglementieren. Wie die Erfahrung der Freiheit der Möglichkeit einer gewaltsamen Behinderung korrespondiert, so ist auch die Rede von der „freien“ Natur daran gebunden, dass der Mensch ihr „Fesseln“ anlegen kann.

**11. Natürliche Freiheit.** Das Leben ist der Bereich der Natur, an dem wir auch „innerlich“ Anteil nehmen. Denn ihm gehören wir nicht nur äußerlich, sondern gänzlich zu – sowohl in unserem Stoffwechsel als auch in unseren Empfindungen und Gefühlen. Die Anteilnahme erlaubt uns zu sagen, ob sich unter den als gegeben beobachteten Bedingungen etwas nach eigenen Kräften ungehindert entwickeln und bewegen kann. In dieser – Erkenntnis immer schon voraussetzenden – Anteilnahme können wir dann sagen, dass sich der Fluss nicht mehr „ungehindert“ durch die Niederungen schlängelt, sondern durch Dämme in ein festes Bett „gezwängt“ ist. Wir sehen nicht ohne Beklemmung auf das in Reih und Glied gesetzte Obst im Spalier, bedauern die mit Maulkorb oder Trense disziplinierten Tiere oder beschleunigen unversehens, wenn wir einen Viehtransporter zu überholen haben.

In allen diesen Fällen haben wir eine Vorstellung vom natürlichen Bewegungsverlauf. Er erscheint uns zwangsläufig als „frei“, sobald wir ihn mit dem Verhalten vergleichen, das durch äußere Einwirkung erzwungen wird. Was der naturbelassenen Bewegung ausdrücklich entgegensteht, erscheint uns als gewaltsamer Eingriff, als Behinderung oder Zwang, als künstlich und eben damit nicht als „frei“. Dem entspricht die bereits erwähnte Definition der Freiheit in Spinozas Ethik: „Dasjenige Ding heißt frei, das aus der bloßen Notwendigkeit seiner Natur da ist und allein von sich zum Handeln bestimmt wird; notwendig aber oder vielmehr gezwungen (*necessaria autem, vel potius coacta*) dasjenige, was von einem anderen bestimmt wird, auf gewisse und bestimmte Weise zu sein und zu wirken.“<sup>11</sup>

Die Pointe von Spinozas Axiom liegt in der Verschränkung von Notwendigkeit und Freiheit. Frei ist das, was sich nach seinem eigenen Gesetz bewegt. Wir könnten, in Anlehnung an die Terminologie Immanuel Kants (dessen Freiheitsbegriff dem Spinozas nicht widerspricht),<sup>12</sup> auch von der „Selbstorganisation“ des lebendigen

---

<sup>11</sup> Teil I, 7. Definition. – Die Parallele zur Definition Jean Bodins ist offenkundig.

<sup>12</sup> Vgl. dazu Gerhardt, Volker: Menschheit in meiner Person. Exposé zu einer Theorie des exemplarischen Handelns. In: Byrd, B. Sharon & Jan C. Joerden (Hg.), Jahrbuch für Recht und Ethik/Annual Review of Law and Ethics, Band 14 (2006), Berlin, S. 1–10.



Wesens sprechen.<sup>13</sup> Frei ist demnach das, was sich nach eigenen Gesetzen selbst organisiert.

Wie nahe sich in diesem Verständnis Natur und Freiheit kommen, hat übrigens bereits ein antiker Denker vor Augen geführt. Wenn Lukrez die Natur als dasjenige definiert, was „selber, spontan alle Dinge ganz aus sich heraus vollführt“ (*ipsa sua per se sponte omnia dis agere expers*), begreift er sie als eine kosmische Selbstorganisation, die sich jedem einzelnen Lebewesen mitteilt und die ihren höchsten Ausdruck im Verhalten des vernunftgeleiteten Menschen, vornehmlich natürlich des philosophierenden Weisen findet.<sup>14</sup>

Das unter Anleitung der modernen Biologie entstandene Verständnis der lebendigen Natur als einer sich in zahllosen Populationen individuell entfaltenden Selbstorganisation bringt die überlieferten Formen von Natur und Freiheit einander beträchtlich näher, als dies unter dem Paradigma der Physik möglich war. Nunmehr erscheint es immerhin als denkbar, eine Naturgeschichte der Freiheit zu entwerfen, die der Kulturgeschichte der eigentlichen, der selbstbewussten Freiheit des Menschen zugrunde liegt.

---

<sup>13</sup> In seiner dritten Kritik, der *Kritik der Urteilskraft* von 1790, hat Kant eine ingeniose Theorie des Lebens entworfen. Mit ihr hoffte er, den lange gesuchten Übergang von der mechanischen zur dynamischen Naturtheorie zu finden. Demnach beurteilen wir alles Lebendige als einen Fall von individueller Selbstorganisation im Prozess einer sich in und durch die Individuen vermehrenden Gattung. Jeden Organismus betrachten wir so, „als ob“ er im strukturellen Aufbau wie auch im Gang seiner prozessualen Entwicklung eigenen (und damit „freien“) Zwecke folgte. Die lebendigen Zwecke kommen unserer eigenen Vernunft in der Selbstbewegung organischer Wesen entgegen. In ihnen zeigt sich die innere Einheit der Natur, für deren Erkenntnis wir nicht mehr benötigen als das Selbstbewusstsein unserer eigenen Freiheit. Diese Freiheit erfahren wir in der Selbstbewegung aus eigener Kraft, in der wir selbstbestimmten Zwecken folgen, so dass wir darin selber Mittel unserer eigenen Zwecke sind. Im Bewusstsein unserer eigenen Freiheit organisieren wir uns selbst (vgl. Kant, Immanuel: *Kritik der Urteilskraft*, §49; AA 5, 313).

<sup>14</sup> Lukrez: *De rerum natura*, II, 1092. Die Feststellung wird in genetischer Perspektive gemacht, und bezeichnet die „befreite Natur“ (*natura libera*), die sich von ihren „herrischen Zwingherren“ (*dominis superbis*), den Göttern also, losgelöst hat und sich nun ganz aus eigenen Impulsen bewegt. Bemerkenswert ist, dass Lukrez auch den weisen Menschen mit ähnlichen Worten beschreibt, wie die von der Vormundschaft der Götter befreite Natur: „Doch der übrige Teil der Seele, verstreut durch den ganzen Körper, gehorcht und bewegt sich nach Willen und Wink des Geistes. Der ist weise für sich allein aus sich (*sibi solum per se sapit*), und er freut sich auch für sich, während nichts weder Körper bewegt noch das Leben.“ (III, 142–146) Dazu systematisch Gerhardt, Volker: *Selbstbestimmung. Das Prinzip der Individualität*, Stuttgart 1999, S. 180ff.

**12. Die Spontaneität der Selbstorganisation und die Vielfalt der Arten.** Verstehen wir also das Lebewesen als eine in sich kohärente Einheit, die sich aus eigenem Impuls nach seinen eigenen Regeln zu bewegen vermag: Niemand braucht anzunehmen, dass diese Regeln im Widerspruch zu den Gesetzen stehen, nach denen nicht nur die umgebende, sondern auch die den Organismus durch und durch tragende Natur verfährt. Die Kausalität gilt außen und innen. Sie ist überall anzutreffen, wo einzelne Ereignisse in nahtloser zeitlicher Sukzession aufeinander folgen. In seiner physischen Konstitution macht der Organismus keine Sprünge. Das gilt selbst für jene Fälle, in denen er selber springt.

Nehmen wir das täglich milliardenfach vorkommende Ereignis des Sprungs, ganz gleich ob er bei Flöhen, Fröschen, Spatzen, Delphinen oder Menschenkindern vorkommt. Es ist möglich, weil die Schwerkraft, die mitwirkenden Elemente und die eingesetzten Kräfte ihn ausführbar machen. Er ist aber auch möglich, weil ihn die körperliche Konstitution des Lebewesens erlaubt. Er muss innerhalb des Sets von Regeln liegen, die ein artspezifisches Verhalten möglich machen. Wie konnte es, strikte Kausalität vorausgesetzt, überhaupt dazu kommen, dass einige Arten springen oder hüpfen, andere Arten aber nicht?

Der Evolutionstheoretiker wird um eine Antwort nicht verlegen sein: Der von Anfang an auf einzelne Organismen aufgeteilte Prozess des Lebens war nicht überall den gleichen Bedingungen ausgesetzt. Also haben sich die Individuen nach den lokalen und epochalen Konditionen differenziert, sodass sich im Laufe von Jahrmillionen die Regeln der Selbstorganisation der Lebewesen geändert und zu hoch differenten Spezies geführt haben. Schon darin zeigt sich eine „Freiheit“ der Natur, die in der Korrespondenz zu spezifischen Umweltbedingungen ganz unterschiedlich reagieren konnte und im Laufe der Entwicklung eine unübersehbare Vielfalt einzelner Arten hervorgebracht hat. Viele können springen, viele aber auch nicht. Die Natur hat sich die Freiheit genommen, die Baupläne der Organismen mal so und mal so anzulegen, obgleich der strenge Mechanismus der Kausalität (so wie ihn sich die Deterministen denken) eigentlich eine universelle Uniformität nahelegt.

**13. Die Individualität der Reaktionen.** Die gleichen konstitutionellen Regeln, nach denen sich die Individuen einer Art verhalten, haben ebenfalls nicht die Folge, durchweg zu den gleichen Verhaltensweisen zu führen. Es ist nicht so, dass alle Flöhe gleichzeitig in der gleichen Weise springen. Sie springen, jeder für sich und zwar an Ort und Stelle, also dort, wo sie durch ihren eigenen Impuls zu einer bestimmten Reaktion auf die äußeren Reize veranlasst werden.

Die Differenzierung der Individuen potenziert die Differenzierung der Ausgangslagen um ein Vielfaches, und niemand wundert sich, dass in der Nacht zwar alle

Katzen grau, in ihrem Sprung nach dem Opfer (an Ort und Stelle) aber vollkommen einzigartig sind. Ich kenne niemanden, der unter Hinweis auf die durchgängige kausale Determination, die Vielfalt in den organischen Vollzügen bestreiten würde. Mir ist auch niemand bekannt, der die These vertritt, es könne das von so vielen Zufällen geprägte und so viele Überraschungen bietende Leben gar nicht geben, weil alles kausal determiniert ist.

Nun könnte jemand behaupten, dass die Vielfalt in den konkreten Verhaltensweisen die gewachsene Vielfalt der Individuen exakt und unverrückbar wiedergibt. Dass es zwar die Differenz der Arten und der Individuen gibt, dass aber jedes Individuum genötigt ist, auf jeden eindeutig bestimmten Reiz aus seiner Umwelt immer in exakt derselben Weise zu reagieren. Doch auch das ist offensichtlich nicht der Fall. Denn die in allen Nächten graue Katze muss sich vor dem Mauselloch nicht immer in exakt derselben Weise verhalten: In einem Fall schaut der Mausekopf genügend weit hervor, so dass sie springt, im andern Fall aber unterlässt sie es, weil die Erfolgsaussichten weniger günstig sind. Wie kommt es zu diesem Unterschied? Mal springt sie und mal springt sie nicht?

Auch hier wäre vermutlich niemand um eine Auskunft verlegen: Katzen, nicht anders als Flöhe, Frösche, Spatzen oder Delphine, verhalten sich individuell zu den teils vorgefundenen, teils selbst geschaffenen Situationen. Es hängt von den jeweils an Ort und Stelle gegebenen Konditionen im Inneren und im Äußeren des Organismus ab, wie er reagiert. Ist der Bedürfnisdruck hoch, springt die Katze womöglich schon bei der kleinsten Regung vor dem Mauselloch; ist es in der Nacht schon die dritte günstige Gelegenheit, die ihr schon zweimal zu einem Erfolg verholfen hat, kann es sein, dass sie aus Trägheit gar nicht springt, obgleich sich die Beute schon in ganzer Länge vorgewagt hat. Wie erklärt uns der Biologe den Unterschied?

Ich vermute, er verweist auf den Gesamtzustand des Organismus: Hunger setzt die Schwellenwerte herab, Sättigung setzt sie herauf. Doch das müssen nicht die einzigen Faktoren sein: Hat das Tier Junge zu versorgen, kommen zusätzliche Reaktionsfaktoren hinzu; die Jahreszeit, die Witterung, die Lichtverhältnisse und die Windrichtung können eine Rolle spielen; außerdem muss man die Häufigkeit der Jagdgelegenheit und des Jagderfolgs nicht bloß in einer Nacht in Rechnung stellen.

Die Frage ist nur, wie, wo und wodurch die verschiedenen Einflussfaktoren verrechnet werden. Wie, wo und wodurch wird entschieden, zu welchem Verhalten es kommt? Es versteht sich heute von selbst, dass man hier nur zu Antworten gelangt, wenn man die Funktionsweise des Gehirns einer Untersuchung unterzieht. Die Gehirnvorgänge können uns vermutlich die wichtigsten Auskünfte über die Reaktionsformen der höher organisierten Lebewesen geben. Deshalb ist die Neurophysiologie gleichsam die Königs- oder die Zentralratsdisziplin der Verhaltensbiologie. Aber sie

kommt zu überzeugenden Einsichten nur, wenn sie bei allen Erklärungen den Tatbestand einbezieht, dass sich der Organismus als Ganzer zu verhalten hat.

Auch wenn das Gehirn sich wesentlich mit sich selbst beschäftigt, so geschieht das doch nur, um die Leistungsfähigkeit für den ganzen Organismus zu erhöhen. Und stets hängt es vom Gesamtzustand des Organismus ab, welches Verhalten er bei welchen Umweltreizen zeigt. Die Individualität des Organismus und die Situativität seiner spezifischen Reaktionen sind durch die Einheit des Organismus bestimmt. Das ist schon deshalb kein gewagter Schluss, weil jedes Verhalten eines Organismus immer schon ein Ausdruck des ganzen Organismus ist. Jeder Reiz wird dem ganzen Organismus vermittelt; und in jedem Zucken eines Gliedes, erst recht in jedem (den ganzen Organismus mitnehmenden) Sprung, reagiert der Organismus ganz. Auch wenn sich zunächst nur die Schnurrbarthaare der Katze sträuben: Es ist die ganze Katze, die zum Sprung ansetzt.

**14. Reflexive Mechanismen.** Sobald wir vom Ganzen eines Organismus sprechen, haben wir die lineare Erklärung nach dem Kausalschema hinter uns gelassen. Alle Einzelvorgänge mögen dem direkten Kausalnexus entsprechen, das Ganze aber reagiert als System, das durch seinen spezifischen Konnex spezifischer Regeln seine eigene Gesetzmäßigkeit im Umgang mit äußeren Reizen hat. In Relation zu den separaten externen und internen Vorgängen nimmt sich das System, wenn ich so sagen darf, die Freiheit, sich so zu verhalten, wie es ihm entspricht.

Natürlich gehen wir nicht so weit, jedem System „Freiheit“ nach Art der menschlichen Selbsterfahrung zuzusprechen. Andererseits aber käme wohl niemand auf die Idee, dem Organismus die Möglichkeiten zu hoch spezialisierten und das heißt zugleich: zu hoch individualisierten Verhaltensformen abzusprechen. Da jedes Individuum einzigartig ist und im Gang seines Lebens durch die Summierung von Eindrücken, Erfahrungen und Leistungen nichts von dieser Individualität verliert, ist auch nicht anzunehmen, dass sich die Besonderheit des Systems verliert, in dem das Individuum seine Einheit hat.

Die Lebensgeschichte findet in der körperlichen Beschaffenheit des Organismus ihren Niederschlag. Aber entscheidend sowohl für den Organismus wie auch für den Betrachter ist, dass sich gegebene und gewachsene Individualität im Verhalten des Organismus dokumentieren. Das Verhalten ist Ausdruck des ganzen Systems, als das wir den Organismus begreifen. Folglich sind die Exposition und die Expression des Ganzen durch es selbst vermittelt. – Wem diese Ausdrucksweise zu geheimnisvoll erscheint, der kann den (immerhin technisch simulierbaren) Begriff des reflexiven Mechanismus verwenden, der hinreichend deutlich anzeigt, dass sich das Verhalten eines Organismus nicht auf lineare Kausalrelationen reduzieren lässt.

Also haben wir in den reflexiven Mechanismen, von denen in Biologie, Soziologie und Informatik die Rede ist, eine reale Form physischer Wirksamkeit in nicht linear-kausaler Form.<sup>15</sup> Dazu brauchen wir den Bezug auf die individuell verstandene Einheit eines lebendigen Wesens. Dieser Bezug liegt uns nicht zuletzt deshalb so nahe, weil wir uns selbst als lebendige Einheit begreifen. Entsprechendes gilt für soziale Körperschaften, in denen wir uns selbst als ein lebendiger Teil einer lebendigen Einheit verstehen. Dieses Verständnis kann durch die kausalmechanische Reduktion schon deshalb nicht bestritten werden, weil es auch noch den Prozess der Erkenntnis trägt, der zu kausalmechanischen Reduktionismen führt.

**15. Freiheit als Selbstbestimmung aus eigenen Gründen.** Um wenigstens bis an die Schwelle eines systematischen Modells zur Rekonstruktion der Evolution der Freiheit zu gelangen, brauchen wir nur (ich sage „nur“) an die Stelle der sprungbereiten Katze einen seiner selbst bewussten Menschen zu setzen. Es genügt dann schon, das menschliche Bewusstsein als eine Instanz der kommunikativ verfügbaren Realität zu fassen,<sup>16</sup> die es ermöglicht, Verhalten wenigstens partiell zu kontrollieren und zu koordinieren, um zu sehen, dass sich durch das Bewusstsein die Zahl der systembedingten Einflussfaktoren exponentiell erhöht.

Ohne das Bewusstsein in seinen Leistungen zu überschätzen, kann man sagen, dass es die Selbstreferenz des Systems erheblich steigert. Im bewussten Zustand werden sachhaltige Momente des Wissens, die Ausdruck einer mit anderen bewusst geteilten Wirklichkeit sind, in den Komplex der Selbstorganisation einbezogen. Der zum Sprung bereite Mensch wartet auf den vereinbarten Anruf, um sich endlich auf den Weg in den Kreissaal zu machen. Er hat noch vor Augen, wie es bei der Geburt des ersten Kindes war. Deshalb wartet er schließlich auch nicht länger, sondern gehorcht seiner inneren Unruhe und fährt schon vorher los. Niemand zwingt ihn dazu. Seine Frau hat erst gestern noch einmal betont, er müsse nicht dabei sein, wenn er nicht wolle. Doch die Erinnerung an das erste Mal, die Vermutung, dass es der Frau, trotz der gespielten Gelassenheit, wichtig ist, wenn er dabei ist, nötigen ihn, den Anruf gar nicht erst abzuwarten.

---

<sup>15</sup> Das ist der Prozess, um den es bei der Freiheit geht. Wenn reflexive Mechanismen mit der Naturkausalität vereinbar sind (woran offenbar niemand zweifelt), dann braucht es auch zwischen Leben und Kausalität keinen Widerspruch zu geben – ganz gleich wie man die Kausalität zu fassen sucht. Wenn aber zwischen Leben und physikalischer Ordnung kein Widerspruch besteht, braucht es ihn auch zwischen Freiheit und Kausalität nicht zu geben. Das ist die schlichte These, die aus meiner Überlegung folgt.

<sup>16</sup> Gerhardt, Volker: Die Instanz der Realität. In: Merkur, Heft 677/678 (2005), S. 273–283.

Hier reagiert ein Organismus aufgrund der Regeln, die zur naturalen und kulturellen Konstitution seiner Spezies gehören, auf eine Unzahl von äußeren und inneren Gegebenheiten an Ort und Stelle, und er tut dies ganz, also als eine Einheit, die durch die reflexiven Mechanismen der Erinnerung und der bewussten Absicht individuell derart komplex werden, dass es (um nicht von einem Gott zu sprechen) nur einem Supercomputer möglich wäre, den ganzheitlichen Effekt der ganzheitlichen Verrechnung aller Faktoren, die zum Verhalten des Menschen führen, aktuell zu erfassen.

Diese Verrechnung im Ganzen eines Organismus zu einem Ganzen des Verhaltens, das überdies in einer kommunikativ erschlossenen sozio-kulturellen Einheit verständlich sein muss, kürzen wir ab und sprechen von „Freiheit“, wenn das menschliche Individuum die für sein eigenes Verständnis wichtigen Momente zu überschauen glaubt und sich ihnen im eigenen Verhalten überlässt. Das kann es nicht, wenn es durch ein anderes Individuum ausdrücklich an der Ausführung des Verhaltens gehindert wird. Ist das aber nicht der Fall und kann es Auskunft über die vermutlich ausschlaggebenden Momente des eigenen Verhaltens geben, kann es die von ihm selbst in seiner bewusst erfahrenen Ganzheit beglaubigten Faktoren „Gründe“ nennen. Wenn er dies tut, sind wir überzeugt, dass der Mensch im Bewusstsein der Freiheit gehandelt hat. Dabei hat er nur die Unendlichkeit der individuellen Bedingungen, die durch seine eigene Konstitution, durch die Besonderheit in Raum und Zeit, die Spezifika seiner Kultur und die der gerade gegebenen sozialen Konstellation so abgekürzt, wie das für die sachhaltige Verständigung selbstbewusster Wesen üblich ist.

Wenn es möglich sein soll, unter diesen Bedingungen im Rekurs auf die von bewussten menschlichen Wesen beanspruchte intentionale Steuerung ihres Verhaltens sinnvoll zu handeln, ist es unverändert zweckmäßig, sich unter Berufung auf den Begriff der Freiheit zu verständigen. Dabei brauchen wir nicht zu unterstellen, dass im Menschen die Natur in zwei Teile zerfällt. Also müssen wir auch nicht erst Kompatibilisten werden, um sinnvoll von Freiheit zu sprechen. Wenn wir den Unterschied zwischen einem Teil und einem Ganzen beachten, verfügen wir auch schon über die ganze Kunst des Perspektivismus, mit dem uns ein Teil der Philosophen die Freiheit verständlich macht.

In meinen Augen genügt es, wenn wir nur ernsthaft versuchen, die Eigenart des Lebens zu verstehen. Denn der Physikalismus scheitert nicht erst am Geist, sondern bereits an den Prozessen des Lebens. Und im Vergleich von Freiheit und Leben ist Leben allemal das größere Problem.

**16. Post scriptum im Jahr der Geisteswissenschaften.** Die vorgetragene Überlegung<sup>17</sup> ist von einer einheitlichen Konzeption der Natur bestimmt. „Natur“ ist der reichhaltigste Begriff für die Realität, in der wir uns befinden und die wir selber sind. Je nach Kontext mag es angemessen sein, von „Sein“ oder „Welt“, von „All“ oder „Wirklichkeit“ zu sprechen – verzichtbar sind alle diese Begriffe nicht, auch wenn man sich um größte Distanz zur Metaphysik bemüht. Aber sobald man einen gehaltvollen und zugleich anschaulichen Ausdruck für das Ganze, in dem wir sind und zu dem wir selbst gehören, finden will, bleibt als adäquater Begriff nur der der Natur zurück.

Die Unumgänglichkeit dieses Begriffs zeigt sich auch darin, dass Natur alternativlos ist. Dem in der Regel rein grammatisch konstituierten Sein steht das Nichts gegenüber, dem eher sensualistisch-pragmatisch konzipierten Wirklichen lässt sich das Unwirkliche der Illusion entgegenstellen; zur emphatisch-praktisch angelegten Welt sind Gegenwelten denkbar. Die Negationen des lebensweltlich begründeten, aber szientifisch erprobten Naturbegriffs jedoch führen stets auf etwas, das innerhalb der Natur verbleibt. Die Unnatur ist eine Perversion, die längst als zur Natur gehörend begriffen wird. Und alle Varianten des Nicht-Natürlichen, vom Künstlichen der Kunst, über die Technik, die Gesellschaft bis hin zur Zivilisation, zur Kultur und zum Geist, sind Differenzierungen innerhalb der Natur. Sie lassen sich sämtlich als Entwicklungsformen der Natur begreifen.

Die einzige mir bekannte Ausnahme, ist der Gottesbegriff, sofern er mit der Unterstellung einhergeht, Gott stehe als Schöpfer der Natur notwendig außerhalb von ihr. Einen solchen Gott aber dürfte man nicht als „lebendig“, vermutlich auch nicht als „allmächtig“ bezeichnen. Deshalb haben die Philosophen Gott auch stets als „erste Ursache“ der Natur konzipiert, die als solche zur Natur gehört. Nicht selten haben sie das Göttliche mit der Natur gleichgesetzt. Solange es Naturwissenschaften im heutigen Verständnis gibt, ist das aber nicht zu empfehlen, so großartig die Formel Spinozas *Deus sive natura* auch ist.

Sehen wir vom Göttlichen ab, kann eigentlich nur die Stellung des Geistes fraglich sein. Tatsächlich wird niemand behaupten wollen, der Geist gehöre zur Natur wie Stock oder Stein. Er dürfte auch vom Leib und von dessen Ausdruck, somit auch von der Sprache (!) unterschieden sein.<sup>18</sup> Man wird ihn ferner nicht mit dem Gehalt einer Mitteilung oder mit dem Zweck einer Handlung identifizieren wollen. Geist ist das Einzigartige, das ein Individuum unmittelbar mit dem begriffenen Sachverhalt

---

<sup>17</sup> Vgl. meinen Beitrag in: Heilinger, Jan-Christoph (Hg.), *Naturgeschichte der Freiheit*, Berlin, New York: de Gruyter, 2007, S. 457–479.

<sup>18</sup> Dazu Gerhardt, Volker: *Im Jahr des Geistes*. Philosophiekolumne. In: *Merkur*, Heft 696 (2007), S. 339–346.

verbindet. Deshalb scheint der Geist auch außerhalb von Raum und Zeit zu sein. Aber muss er deshalb als das ganz Andere der Natur erscheinen – zumal er ohne den direkten Bezug zwischen dem Ich und der von ihm bewusst erfassten Sache gar nichts bedeutet?

Nehmen wir das Beispiel der Technik: Sie ist von den gegebenen Dingen, die man am Strand auflesen oder von Bäumen pflücken kann, wohl unterschieden – allein dadurch, dass sie durch eine zielgerichtete Tätigkeit des Menschen entsteht. Diese Tätigkeit geht von einem Naturwesen aus, das sich die Beschwerlichkeit seiner natürlichen Bewegungen durch den Einsatz kraftsparender Mittel erleichtert. So kommt es zu einem Werkzeug, das die Erwartungen nur erfüllt, sofern es nach Art eines natürlichen Gegenstandes einsetzbar ist: Unabhängig davon, ob es sich um einen Faustkeil, eine Uhr oder um ein Notebook handelt, ist und bleibt es ein physisches Ding, das nach physikalischen Gesetzen wirksam ist. In dieser physischen Wirksamkeit dient das Werkzeug einem Wesen, das selbst Natur sein muss, um die Wirkung seiner Technik erfahren und angemessen schätzen zu können. Wie weit diese Verbindung zwischen Natur und Technik gehen kann, zeigt sich daran, dass der Mensch seinen eigenen Körper als Werkzeug benutzen kann – etwa dann, wenn er jemandem einen Faustschlag versetzt oder sich über die Reling hängt, um das Kentern des Bootes zu verhindern.

Also gehört die Technik zur Natur; sie ist Natur, denn anders könnte sie als Technik gar nicht zur Geltung kommen. Die besondere Genese der Technik, die deutlich von der der anderen Naturgegenstände unterschieden ist, gibt somit keinen Anlass, sie aus der Natur zu eliminieren.

Übertragen wir das Beispiel auf den Geist, lässt sich mit nahezu gleicher Anschaulichkeit zeigen, dass der Geist mit seinen der Technik durchaus vergleichbaren Leistungen des Begreifens, des Erinnerns, des Schließens oder des Verstehens, in enger Verbindung mit den physischen Gegebenheiten stehen muss, um überhaupt als Geist wirksam zu sein. Wir haben auch hier den paradoxen Tatbestand, dass der Geist qua Geist nur erkennbar oder benennbar ist, sofern er sich aus Natur auf Natur bezieht und dabei natürliche Folgen zeitigt. Mindestens insofern gehört er zur Natur.

Das größte Rätsel ist, wie es zum Anlass, zum Anstoß, zum Impuls des Geistes kommt und natürlich, wie seine unmittelbare Präsenz in seinen Leistungen zu verstehen ist. Wie bei der Technik, die ihre Besonderheit wesentlich in ihrer Genese hat, liegt auch das Eigentümliche des Geistes in der Spontaneität, in der er auftritt, und in der Unmittelbarkeit, in der er, alle Techniken überspringend, anderen verständlich ist. Dabei ist er wesentlich eigener Geist. Er kann sich also nur in der Abgrenzung von denen verstehen, die ihm in ihrem Geist unmittelbar zugänglich sind.

Hier tritt die Parallele zwischen Geist und Freiheit wohl am deutlichsten hervor. Wollte man dieser Verbindung nachgehen, hätte man mit Blick auf den Geist zu



sagen, dass auch er – im Vergleich mit der Freiheit – das größere Problem darstellt, weil die Freiheit uns auf das Problem des Lebens führt.

Also haben wir zu klären, wie sich der Geist zum Leben verhält. Im Leben aber, das ihn zeitlich und leiblich bedingt, stellt er die Unmittelbarkeit von Beziehungen her, die Menschen untereinander benötigen, um sich eindeutig auf ein und denselben Sachverhalt zu beziehen. Ohne diese Unmittelbarkeit wäre sachhaltige Verständigung über Personen und Dinge nicht möglich. Es gäbe die mit dem Geist ursprünglich verknüpfte Sphäre eines allgemeinen Zugangs zu den Sachverhalten nicht. Damit entfiere der Raum des Bewusstseins, der, so paradox es klingt, ein öffentlicher ist.

Es ist dieser öffentliche Raum des Bewusstseins, in dem die Individuen im Verständnis von Sachverhalten unmittelbar miteinander verbunden sind. In diesem Raum entsteht die Kultur, in der die Natur des Menschen ihre spezifische Form erhält. Wenn das der Geist bewirkt, muss es als abwegig erscheinen, ihn selbst als etwas anzusehen, das nicht zur Natur gehört.

Es spricht vielmehr alles dafür, dass der Geist, wie die Freiheit, ein Ausdruck des Lebens ist. Wir brauchten uns nur die Mühe zu machen, die Leistung des Geistes genau zu beschreiben, dann würde er sich uns in so vielen Besonderheiten zeigen, dass es nichtssagend wäre, in ihm lediglich die Wirkung einer einzigen Ursache zu sehen. Der Reduktionismus, der im Naturalismus der Gegenwart immer noch dominiert, stellt sich nicht nur den Geist und das Leben, sondern auch die Natur als viel zu einfach vor.

Ernst Mayr Lecture

7. November 2006



Axel Meyer

## Introduction

### Schlaumayr's Whippersnapper

(10. Ernst Mayr Lecture am 7. November 2006)

Herr Präsident, lieber Herr Stock, der Sie heute die Freude haben, zum ersten Mal einer Ernst Mayr Lecture ex officio beizuwohnen; Herr Rektor, lieber Herr Grimm, der Sie heute mit Bedauern – so darf ich wohl vermuten – zum letzten Mal eine Ernst Mayr Lecture ex officio erleben; vor allem aber: lieber Herr Meyer; meine verehrten Damen und Herren.

Gäbe es noch keine Ernst Mayr Lectures, müssten wir sie heute mit Axel Meyer begründen: nicht des Gleichklangs der Namen zuliebe, sondern weil kein Redner innerhalb und ausserhalb der Akademie so sehr als Schüler und Prophet des Altmeisters gelten kann, des Altmeisters der Evolutionsbiologie, wie Axel Meyer. Zunächst liess dessen wissenschaftlicher Werdegang diese Gefolgschaft freilich kaum erkennen; denn nach dem Vordiplom in Marburg wandte sich Axel Meyer, in Mölln geboren, wieder seiner norddeutschen Heimat zu und wurde Student in Kiel, absolvierte dann aber sein Master- und PhD-Studium in den Vereinigten Staaten an der University of California at Berkeley. Dort promovierte er am Department of Zoology und am Museum of Vertebrate Zoology über die Morphologie, Ökologie und Diversität jener Gruppe von Fischen, der Buntbarsche, der berühmten Cichliden, die er mit seinen späteren Forschungsarbeiten zu einem Modellsystem der Evolutionsbiologie erheben sollte. Liest man heute diese Doktorarbeit, ist man über die zahlreichen zukunftsweisenden Aspekte – etwa zur Evo-Devo-Problematik – überrascht, die hier bereits zur Sprache kommen. Unmittelbar nach seiner Promotion begann Axel Meyer als Postdoktorand ebenfalls in Berkeley, diesmal aber am Department of Biochemistry bei Allan Wilson, auf die molekularbiologische Schiene überzuwechseln. Es war Allan Wilson, „the father of the mitochondrial Eve“, schon damals – Mitte der 1980er Jahre – einer der Protagonisten des Human Genome Projects, der den frisch promovierten 28-Jährigen in die Methodik und Denkkultur der molekularen Systematik einführte und ihm damit zu einer Qualifikation verhalf, die Axel Meyer später auch in deutschen, von dieser Entwicklung noch wenig bedarften Landen so attraktiv erscheinen lassen sollte. Vor zehn Jahren ist er denn auch zurückgekehrt: von der State University of New York at Stony Brook, an der er nach seiner Postdoktoran-

denzeit als Assistant Professor und Associate Professor gewirkt hatte, nach Konstanz auf den Lehrstuhl von Hubert Markl.

Vernimmt man heute diesen akademischen Werdegang, zumindest dessen Formalia, von denen bisher die Rede war, glaubt man an ihm vielleicht nichts sonderlich Dramatisches erkennen zu müssen; wäre da nicht erstens ein junger Student, versehen lediglich mit dem Vordiplom einer mittleren deutschen Universität, in die angelsächsische akademische Welt aufgebrochen, um sich dort in molekulare Gewässer mit allen ihren – zumindest damaligen – Untiefen zu begeben; und hätte dieser Student nicht zweitens sein Studium an der Westküste für ein Jahr unterbrochen, um an der Harvard University ein Graduiertenprogramm zu absolvieren.

Hier traf Axel Meyer auf Ernst Mayr; hier nahm er an den berühmt berüchtigten Abendseminaren teil, an denen sich – by invitation only – ein gutes Dutzend Doktoranden und Postdoktoranden am ehrwürdigen Museum of Comparative Zoology um den grossen Holztisch der Alfred Romer Library versammelte, um mit dem 60 Jahre älteren Ernst Mayr über evolutionsbiologische Themen zu diskutieren, oder genauer: ehrfurchtsvoll den Worten des Altmeisters zu lauschen; stets in Gefahr, bei unbeachteten Äusserungen dessen vernichtendes Urteil über sich ergehen lassen zu müssen. Fragile Egos – so Axel Meyer im Rückblick – hätten hier einen schweren Stand gehabt. Er selbst muss offenbar das nötige Standvermögen gezeigt haben, denn sonst hätte Ernst Mayr den jungen deutschen Whippersnapper, diesen intellektuellen Naseweis, wohl kaum zum engsten seiner Jünger erkoren. Und wie sich die Bilder – die Charakterbilder der beiden – gleichen. Pflgte doch seinerzeit Erwin Stresemann an der hiesigen Humboldt- (damals Friedrich-Willhelms-) Universität seinen Stardoktoranden, den jungen Ernst Mayr, als Schlaumayrchen zu titulieren. So jedenfalls ist es in dem regen Briefwechsel nachzulesen, den die beiden miteinander führten.

Theoretisch kreiste das evolutionsbiologische Interesse des jungen Whippersnappers und des alten Schlaumayrs immer wieder um die eine Frage, die Charles Darwin in seinem *Origin of Species* zwar im Titel genannt, dann aber im Text selbst nicht einmal am Rande so richtig thematisiert hatte: die Frage nämlich, wie neue Arten entstehen. Ernst Mayr, der Allopatriker, vertrat in seiner charmanten, das heisst widerspruchslöse Gefolgschaft heischenden Art die Meinung, stets müsse einer Artbildung die geographische Trennung von Populationen vorausgehen; könnten sich doch nur auf diese Weise genetische Unterschiede zwischen Fortpflanzungsgemeinschaften, sprich: Arten, herausbilden. Beispiele für diese These sind Legion. Ernst Mayr hatte dabei sogar die bereits genannten Cichliden ins Visier genommen, denen sich dann Axel Meyer zuwenden sollte. Sie, jene monophyletischen Buntbarschartenschwärme Ostafrikas und Zentralamerikas, bilden den Stoff, aus dem die evolutionsbiologischen Debatten sind, vor allem die Debatte um Ernst Mayrs Antithese, die sympatrische Artbildung, die Artbildung bei Fehlen geographischer Barrie-

ren. Axel Meyer wird heute unter Einsatz eines breiten Methodenspektrums diskutiert, ob sympatrische Artbildung im populationsgenetischen Sinn theoretisch möglich und empirisch auch belegbar ist.

Darüber hinaus liefert Axel Meyer in seiner Forschungspraxis, aber auch seiner vielfältigen Publikations- und Vortragstätigkeit ein beredtes, ja bewundernswertes Beispiel dafür, wie sich unter Einsatz modernster, hier molekularbiologischer Methoden die immer noch anstehenden grossen Fragen der Evolutionsbiologie erhellen lassen und dass dabei, *amabile dictu*, nicht die Methoden – und seien sie noch so faszinierend, herausfordernd und respekterheischend –, sondern die Fragen im Vordergrund stehen.

Doch Axel Meyer wäre nicht begabungsgerecht charakterisiert, erwähnte man nicht auch sein publizistisches Engagement in der Tagespresse, von der *Frankfurter Allgemeinen* über die *Zeit* bis zum *Spiegel*. Mit Vorliebe spricht er hier von den gestutzten Flügeln der Evolution; davon, dass der biologischen Kreativität deutliche Grenzen gesetzt und die Konstruktionen der Natur alles andere als optimal sind. Damit führt er das stärkste Argument gegen die „Intelligent-Design“-Ideologie ins Feld: nicht arabesk wie im vielerorts luftleeren Raum des akademischen Diskurses, sondern kühn und konkret zum Beispiel in seiner Replik auf Kardinal Schönborns Philippika in der *New York Times* – einer Replik, in der man Thomas Huxley gegen Samuel Wilberforce zu hören vermeint.

Schliesslich sind da noch die „Quantensprünge“, die Axel Meyer als Kolumnist des *Handelsblatts* Woche für Woche amüsant und unterhaltsam vollführt. Hier erfahren wir zum Beispiel, dass Gene sich in Populationen schleichen wie Wörter in andere Sprachen; oder warum wir von unseren Grossmüttern väterlicher- oder mütterlicherseits besser oder schlechter behandelt werden sollten; oder wie der Fundamentalismus des New America die Studierenden aus Old Europe nach Kanada, Australien und Neuseeland statt wie zuvor in die Vereinigten Staaten zieht – und was dergleichen Einsichten mehr sind. Blicke nur noch anzufragen, dass sich Axel Meyer als Handelsblattkolumnist in der illustren Gesellschaft eines Lothar Späth, Paul Kirchhof oder Boris Becker findet. Aber illustert ist auch jene Gesellschaft, lieber Herr Meyer, zu der zu sprechen ich Sie jetzt bitten darf.



## Die Entstehung neuer Arten – Darwins Geheimnis der Geheimnisse

Meine sehr verehrten Damen und Herren, lieber Herr Wehner, lieber Herr Stock, haben Sie ganz herzlichen Dank für die freundlichen Einführungen und, auch bei Ihnen, lieber Herr Grimm, möchte ich mich für die Einladung bedanken, die diesjährige Ernst Mayr Lecture halten zu dürfen. Ich bin sehr geehrt, denn Ernst Mayr ist nicht nur mein größtes akademisches Vorbild, sondern war auch ein großväterlicher Mentor und Freund für mich. Er war es auch, der mich in seiner überzeugenden Art davon überzeugt hat, nach Deutschland zurückzukehren. Während meiner Zeit in Harvard – Ernst Mayr war damals schon seit mehr als einem Jahrzehnt im „Ruhestand“ – hatte ich nicht nur Gelegenheit, an seinen Seminaren teilzunehmen, sondern er lud mich sozusagen in seine Familie ein und so wohnte ich für einen Sommer in seinem Haus an der Chaucy Street in Cambridge.

Ich bin umso mehr geehrt – quasi als Repräsentant der Evolutionsbiologen der Enkelgeneration Mayrs – jetzt „seine“ Vorlesung halten zu dürfen. Noch mehr Respekt flößt mir dies ein, da ich erleben durfte, wie Ernst Mayr 1997 – ich war gerade nach über 15 Jahren in den USA nach Deutschland zurückgekommen – die *Ernst Mayr Lectures* selbst mit einem Vortrag eröffnete. Auch aus diesem Grund schien es angebracht, für diese Vorlesung ein Thema zu wählen, das eine zentrale Rolle in Ernst Mayrs monumentalem Schaffen eingenommen hat. So möchte ich in der Kürze der mir zur Verfügung stehenden Zeit die Erforschung der Artentstehung und die Entwicklung des Verständnisses der Artentstehung seit Darwin behandeln und mein besonderes Augenmerk darauf richten, wie Ernst Mayr zum Theoriegerüst der Evolutionsbiologie gerade in diesem Punkt entscheidend beitrug. Ferner werde ich darauf zu sprechen kommen, wie Darwins und Mayrs Erkenntnisse in der heutigen Zeit gesehen werden und zum Schluss ein Forschungsprojekt zur sympatrischen Artbildung aus unserer eigenen Forschung vorstellen.

Charles Darwin nannte die Entstehung neuer Arten in der Einführung zu seinem opus magnum *Origin of Species* (1859) das Geheimnis der Geheimnisse. Daher der Titel dieses Vortrags. Und ein Geheimnis blieb die Entstehung neuer Arten auch für weitere Jahrzehnte nach der Veröffentlichung dieses Werkes, bis – erstmals in



den 30er und 40er Jahren des letzten Jahrhunderts – die Architekten der sogenannten Modernen Synthese, zu denen auch Ernst Mayr maßgeblich zählte, das Verständnis der sich immer mehr entfernenden Disziplinen der mendelschen Genetik und der Populationsgenetik mit der Paläontologie und der Systematik zu einem Theoriegebäude der Evolution zusammenführten, das in seinen Grundfesten noch heute Bestand hat.

## Charles Darwin und Ernst Mayr über Artenkonzepte und den Prozess der Artbildung

Darwin postulierte, wie schon der Untertitel seines Buches andeutet (*The origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*), dass die von ihm und Wallace entdeckte natürliche Auslese nicht nur zu besseren Anpassungen führte – eine Erkenntnis, die bis heute Bestand hat –, sondern er folgerte auch, dass durch diesen Prozess neue Arten entstehen würden. Wie genau dieser Prozess der Artbildung durch natürliche Auslese und Adaptation aber stattfinden sollte, wurde von Darwin nicht genau ausgeführt.

Die präziseste Formulierung einer Hypothese zur Entstehung neuer Arten liest sich in Darwins „Origin“ so: „the principle of benefit derived from divergence of character ... will generally lead to the most divergent variations ... being preserved and accumulated by natural selection ... until a sufficient amount of variation has been accumulated to form it into a well-marked variety ... these forms may still be only ... varieties; but we have only to suppose the steps in the process of modification to be ... greater in amount, to convert these ... forms into ... species.“ – In diesem Zusammenhang muss vorausgeschickt werden, dass Darwin Arten als nichts Besonderes ansah. Er hielt Arten nur für besonders differenzierte „Varieties“, was sich vielleicht am besten als Varietäten ins Deutsche übersetzen lässt. Nach seiner Ansicht waren diese unterschiedlichen Gruppen/Arten hervorgebracht durch das, was heute divergente (oder disruptive) Selektion genannt wird. Mehr dazu später.

Heute wird die Evolution, zumindest von vielen Evolutionsbiologen, in zwei große Kategorien eingeteilt: Erstens in die Mikroevolution – die Verbesserung von Adaptationen innerhalb von Populationen und Arten, und zweitens in die Makroevolution – die Entstehung neuer Arten und Prozesse, die in evolutionären Linien über dem taxonomischen Rang von Arten hinaus stattfindet. Die Perfektionierung oder – neutraler gesagt – die Verbesserung von Adaptationen, also die Mikroevolution, hängt sicherlich, wie schon Darwin erkannte, von den Prozessen der natürlichen Selektion (dem „survival of the fittest“) ab. Mittlerweile ist diese Rolle der natürlichen Auslese in hunderten von Studien nachgewiesen und auch in größerem Detail – auf der Ebene der Populationsgenetik und zunehmend auch auf der molekularen Ebene – verstanden.

Bezüglich des zweiten Punkts, der Notwendigkeit der Aktion der natürlichen Selektion in der Makroevolution – der Entstehung neuer Arten – scheiden sich aber bis heute die Geister. Die Frage nach der Häufigkeit in der Speziation und danach, welche Rolle dabei die natürliche Selektion spielt, ist bis heute umstritten, und ich kann diese anhaltende Diskussion hier nur schlagwortartig beleuchten. Wenn die natürliche Selektion in der Artbildung wichtig ist, dann könnte/sollte dieser Prozess auch eine Brücke schlagen zwischen den kontinuierlichen Prozessen der Mikro- und der Makroevolution. Aber ist natürliche Selektion überhaupt notwendig für die Entstehung neuer Arten? Und wenn ja, wie häufig spielt die natürliche Auslese eine entscheidende Rolle in der Speziation? Dies sind bis heute offene Fragen, die unter Evolutionsbiologen noch immer diskutiert werden.

Weiterhin ist es in der Diskussion um Artbildung wichtig – wie schon eben kurz angedeutet – sich klar zu machen, was „Arten“ eigentlich sind. Diesen Punkt will ich kurz ansprechen, bevor ich auf das Thema zurückkomme, welche Rolle die natürliche Selektion in der Artbildung spielt. Darwin – so sehen es zumindest die meisten Wissenschaftshistoriker (und auch Ernst Mayr) – hat sich ungenügend klar über das Thema „Arten“ ausgelassen. Es scheint, als ob er dies für kein wichtiges Thema hielt und den Begriff „Art“ nur als eine willkürliche Beschreibung ansah, der in seinen Augen keine besondere biologische Relevanz zugerechnet werden sollte. Ein Zitat aus der „Origin“ belegt diese Einstellung Darwins: „I look on the term species, as one arbitrarily given for the sake of convenience to a set of individuals closely resembling each other, and that it does not essentially differ from the term variety“. Ferner sagte Darwin „to sum up, I believe that species come to be tolerably well-defined objects, and do not at any one period present and an inextricable chaos of varying and intermediate links“.

Ernst Mayr, der auch der Darwin des 20. Jahrhunderts genannt wurde, legte allerdings großen Wert auf das Verständnis und die Definition der Art und beklagte, dass Darwin dies nicht getan hatte und auch nicht für so wichtig gehalten zu haben schien, oder nicht erkannt hatte, dass dieser Frage eine zentrale Bedeutung in der Biologie zukommt. Mayr ging hart mit Darwin ins Gericht, als er in seinem ersten und vielleicht immer noch wichtigsten Buch *Systematics and the origin of species from the viewpoint of a zoologist* schrieb: „this complacent attitude ... reigned supreme until the new biological species concept began to replace it ... then it was suddenly realized by the more progressive systematists that those species between which they had found intergradation were their own creations, and not biological units“. Und er fuhr fort: „It is thus quite true, as several recent authors have indicated, that Darwin's book was misnamed, because it is a book on evolutionary changes in general and the factors that control them (selection and so forth), but not a treatise on the origin of species“ (Mayr 1942, S. 113–114).

Es ist richtig, dass Darwin – im Gegensatz zu Alfred Russel Wallace, dem Mitentdecker der Evolution durch natürliche Selektion, wie ich später ausführen werde – keinen fundamentalen Unterschied zwischen Arten und Varietäten sah und auch nur vage über den Artbildungsprozess schrieb. Nach Darwin beschrieben Begriffe wie Varietät und Art lediglich den Grad ihrer Unterschiedlichkeit, aber Fortpflanzungsbarrieren und deren Rolle in Speziation und Artdefinition schien er nicht erkannt zu haben oder er maß diesem keine größere Bedeutung zu. Für Darwin waren somit Varietäten und Arten nur Punkte entlang eines Kontinuums. Der Begriff „Varietäten“ beschrieb für ihn jegliche, vom Menschen erkennbare Gruppierung oder Einordnung von Individuen unterhalb des Rangs einer Art. Da wohl viele seiner Ideen und Erkenntnisse (er behandelt diesen Punkt in mehreren Kapiteln der „Origin“) von seinen Besuchen auf „country fairs“ und Shows von domestizierten Tieren inspiriert wurden, sprach er auch von „individual sports“, lokalen Polymorphismen und geografischen Rassen. Diese Skala der Variation im Phänotyp war für ihn Evidenz für verschiedene Stadien des – seiner Meinung nach graduellen – Artbildungsprozesses, in dem er die natürliche Auslese als den entscheidenden oder gar alleinigen Mechanismus sah.

Mayr legt im Gegensatz zu Darwin sehr großen Wert auf die biologische Besonderheit der Art und auf eine genaue, prozessorientierte Definition des Artbegriffs. Nach Theodozios Dobzhansky und Ernst Mayr werden Arten nach dem biologischen Artenkonzept (biological species concept, BSC) als eine Gruppe natürlicher Populationen definiert, die sich potentiell untereinander kreuzen können und reproduktiv von anderen solchen Gruppen getrennt sind.

Auch heute noch ist die vorherrschende Meinung unter Evolutionsbiologen, dass Darwin zwar unzweifelhaft monumentale Einsichten hinsichtlich der Rolle der natürlichen Selektion zur Verbesserung von Anpassungen hatte, er aber weder zum Verständnis der Art noch zur Artbildung spezielle und klare Hypothesen formulierte. In dem wichtigsten Buch zur Artbildung der letzten Jahrzehnte, *Speciation* (2004) von Jerry Coyne und Allen Orr, schreiben auch diese Autoren „Darwin’s magnum opus remains largely silent on the ‘mystery of mysteries’“ [i. e. speciation] ... und „the little it does say about this mystery is seen by most modern evolutionists as muddled or wrong“. Auch Coyne und Orr unterstützen Mayrs Auffassung, dass Arten „real“ und nach dem biologischen Artenkonzept Mayrs als Fortpflanzungsgemeinschaften definiert sind. So schreiben sie „We ... conclude that species are indeed discrete in sexually reproducing organisms ...“ und „Most biologists agree that species are real in a way that supraspecific taxa – including ranks like genera and families – are not“ (Coyne & Orr 2004, S. 12).

Es gibt, dies sollte nicht unerwähnt bleiben, noch Dutzende weiterer Artkonzepte, die häufig in der Praxis der Taxonomie und Evolutionsbiologie – bewusst oder unbewusst – dem BSC vorgezogen werden, obwohl das BSC sicherlich das dominanteste

und weitverbreitetste Artenkonzept ist. Nichtsdestotrotz (und dies wird von Mayr auch zugegeben) hat das BSC theoretische – es kann beispielsweise nicht auf sich asexuell fortpflanzende Arten angewandt werden – und operative Probleme. Denn in der Praxis können Fortpflanzungsgemeinschaften oft nicht leicht beobachtet werden, und Tests im Labor oder in Zoos können nicht wirklich Aufschluss über natürliche Fortpflanzungsentscheidungen geben. Heute werden meist immer noch zunächst morphologische aber zunehmend auch genetische Unterschiede herangezogen, die zur Typisierung und Einordnung von Individuen in Arten verwandt werden.

Da das BSC eine wichtige Rolle in der Evolution spielt, ist es interessant, die Geschichte dieses Konzepts kurz zu beleuchten; denn obwohl Darwin – wie schon erwähnt – der Art scheinbar keine große Bedeutung zumaß, so hat der Ko-Entdecker der Evolution durch natürliche Selektion, Alfred Russel Wallace, dies durchaus getan.

## **Kurzer Abriss der Geschichte des biologischen Artenkonzepts**

Wallace kann wohl als der Entdecker (zumindest als ein Mitentdecker) des biologischen Artenkonzepts und der Bedeutung der Fortpflanzung in diesem Zusammenhang gelten. Denn schon 1865 schrieb Wallace in einer Abhandlung über Variation und geografische Verteilung von Schmetterlingen in Malaysia: „Species are merely those strongly marked races or local forms which, when in contact, do not intermix, and when inhabiting distinct areas are generally regarded to have had a separate origin, and to be incapable of producing fertile hybrid offspring“ (Wallace 1865, S. 1–71). Wie James Mallet 2004 in *Systematics and Biodiversity* ausführte, ist es wahrscheinlich, dass diese Einsicht von Wallace indirekt auch zur Formulierung von Mayrs BSC führte (Mallet 2004, S. 441–452). Denn Wallace schickte zu Weihnachten 1903 eine Sammlung seiner Veröffentlichungen an den Evolutionsbiologen Edward B. Poulton. Dieser wiederum publizierte 1908 eine Sammlung von Aufsätzen (*Essays on Evolution*) und legte im ersten Kapitel mit dem Titel „What is a species?“ (welches bereits 1904 als Presidential Address an die Entomological Society der Royal Society veröffentlicht worden war) dar, dass Arten nicht nach syndiagnostischen Kriterien definiert werden sollten, sondern sich durch – wie er es nannte – „syngamy“, also gemeinsame Fortpflanzung, auszeichnen. Ferner unterschied Poulton schon zwischen Populationen einer Art, die im selben geografischen Raum nebeneinander „sympatrisch“ – wie er es nannte – oder „asypatrisch“ vorkommen. Diese Unterscheidung wird bei dem geografischen oder „allopatrischen“ Modell der Artbildung, wie Mayr es später nannte, eine wichtige Rolle spielen.

Ernst Mayrs Exemplar von Poultons *Essays on Evolution*, das ich nach dem Tode von Ernst Mayr von seinen Töchtern geschenkt bekam, enthält mehrere Annotationen Mayrs; sie zeigen, dass er Poultons Argumente kannte. Mayr zitierte Poulton

auch schon 1942 sowie in späteren Publikationen. So lassen sich zumindest Teile der Entwicklung der Ideen zum biologischen Artenkonzept Mayrs und zur allopatrischen Artbildung sogar auf Wallace und Poulton zurückführen. Sicherlich wurde Mayr auch von seinem Lehrer Erwin Stresemann beeinflusst. Ernst Mayr hat dann aber sein Leben lang mit der für ihn typischen Entschlossenheit, Klarheit und Argumentationskraft für die Akzeptanz des geografischen Modells der Artbildung und des biologischen Artenkonzepts gekämpft.

## Mayrs Ideen zur geografischen (allopatrischen) Artbildung

Bereits 1947 gründete Ernst Mayr das Journal *Evolution* und wurde auch der erste Präsident der „Society for the Study of Evolution“. Im selben Jahr schrieb er für diese Zeitschrift einen längeren Artikel mit dem Titel „Ecological factors in speciation“ (1, S. 263–288). Darin beleuchtet er die Frage der Rolle von ökologischen Faktoren in der Artbildung unter besonderer Berücksichtigung des Problems der sympatrischen Artbildung, also der Speziation ohne geografische Isolation. Sein Votum war schon 1947 klar. Er hielt Artbildung ohne geografische Isolation für einen äußerst seltenen und schwierigen Prozess, der ganz besondere Bedingungen erfordert, und favorisierte stattdessen das Modell der allopatrischen Artbildung. Nach dem allopatrischen Modell werden in geografisch getrennt lebenden Populationen über viele Generationen hinweg Mutationen akkumuliert, die – wenn die geografische Barriere wieder verschwinden sollte – dazu führen, dass sich die Individuen der beiden Populationen nicht mehr miteinander paaren. Artbildung findet allopatrisch sozusagen allein wegen der geografischen Isolation voneinander, aber nicht als Objekt oder primär aufgrund der natürlichen Selektion statt. So spielt in diesem Modell die natürliche Selektion keine oder nur eine sehr untergeordnete Rolle. Denn es wird angenommen, dass allein die den Genaustausch verhindernde geografische Isolation von Populationen voneinander über viele Generationen hinweg dazu führen wird, dass sich separierte Populationen so weit auseinanderentwickeln, dass die Individuen sich nicht mehr miteinander paaren würden oder könnten. Nach dem BSC pflanzen sich Mitglieder einer Art miteinander fort und eben nicht mit Mitgliedern anderer Arten. Wenn diese ehemals getrennten Populationen wieder in geografischen Kontakt kämen und Genfluss somit zumindest denkbar wäre, sich aber nicht mehr paarten, wären neue Arten entstanden. Denn Paarungsentscheidungen und damit Fortpflanzungsbarrieren sind nach dem biologischen Artenkonzept von Ernst Mayr und Theodosius Dobzhansky das entscheidende Artkriterium.

Ernst Mayr war in seiner Schaffenszeit über Jahrzehnte einer der einflussreichsten Verfechter des Prozesses der allopatrischen Artbildung. Bezeichnenderweise veröffentlichte Mayr den Evolutions-Artikel von 1947, in welchem er sich gegen das

sympatrische Modell der ökologischen Differenzierung durch natürliche Selektion als Prozess der Artbildung innerhalb einer geografisch zusammenhängenden Population aussprach, nochmals fast 30 Jahre später in seinem Buch *Evolution and the Diversity of Life* (1976). Aber diesmal erschien der Artikel unter dem Titel „Sympatric speciation“. In einer kurzen Einleitung zu diesem Kapitel legt Mayr dar, dass die meisten Evolutionsbiologen (seit Darwin) glaubten, dass sympatrische Artbildung genauso häufig oder sogar häufiger sei als geografische (allopatrische) Artbildung. Mayr sieht sich also noch 30 Jahre später in seiner Auffassung bestätigt, dass Arten maßgeblich durch allopatrische Artbildung entstehen, und ließ in der Wiederveröffentlichung seines Artikels aus *Evolution* (1947) weiterhin allein die Spezialisierung auf verschiedene Wirtspflanzen als potentiellen ökologischen Umstand für sympatrische Artbildung gelten. Und Mayr war recht kategorisch in seinem Urteil, dass sympatrische Artbildung, die auf ökologischen Unterschieden innerhalb eines Habitats einer Population basiert und somit für die natürliche Auslese eine entscheidende Rolle spielt, nur sehr selten zu neuen Arten führen sollte. Nach Mayr entstehen neue Arten also quasi als Nebenprodukt geografischer Isolation und nicht als Resultat natürlicher Selektion. Die fehlende Rolle der natürlichen Auslese während des allopatrischen Artbildungsprozesses unterscheidet dieses Modell klar von den – wenn auch vagen – Ideen Darwins zur Speziation. Wichtig in dem Zusammenhang der Kategorisierung von verschiedenen Artbildungsprozessen und dem biologischen Verständnis der Artbildungsprozesse ist die Definition, was „Arten“ sind. Das von Ernst Mayr und Theodozios Dobzhansky erdachte „biologische Artenkonzept“ hat über Jahrzehnte dazu geführt, dass Artbildungsforschung sich hauptsächlich damit befasste zu verstehen, wie Reproduktionsbarrieren entstehen.

So wurde die Entstehung neuer Arten seit der Modernen Synthese fast ausschließlich als nicht adaptiver und nicht-selektiver Prozess der Evolution gesehen und die Rolle der natürlichen Auslese als weniger wichtig bei der Artbildung erachtet. Nicht zuletzt wegen des Einflusses von Mayr wurde über Jahrzehnte allopatrische Speziation, also die Entstehung neuer Arten unter Bedingungen der geografischen Separation von Populationen, als die fast ausschließlich mögliche Art der Entstehung neuer Arten gesehen. Sympatrische Artbildung, der Ursprung neuer Arten innerhalb einer Population – auch aufgrund von ökologischer Selektion – wurde als unmöglicher oder zumindest sehr ungewöhnlicher Artentstehungsmechanismus betrachtet und zwar mit folgender Begründung: Der Genfluss, der weiterhin durch Paarungen zwischen Individuen einer Population stattfindet, würde meist verhindern, dass sich genügend genetische Unterschiede zwischen den Individuen der potentiellen neuen Arten ansammeln könnten.

Fast bis zum Ende seines sehr langen Lebens und Schaffens änderte Mayr seine Meinung in dieser Frage kaum (aber s. u.) und Berichte über sympatrische Artbildung

blieben nach 1947 auch in den folgenden 60 Jahren der Evolutionsforschung eine ganz große Ausnahme, die die Regel der allopatrischen Artbildung nur zu bestätigen schienen. Möglicherweise spielte auch Mayrs enormer Einfluss dabei eine Rolle. Jedenfalls führte das Konzept der sympatrischen Artbildung, bei der ökologische Faktoren und Selektion entscheidend sind, bis in die zweite Hälfte des letzten Jahrhunderts eher ein Aschenputteldasein. Nur sehr wenige empirische Fallbeispiele wurden in der Literatur veröffentlicht, obwohl das Interesse an dieser „anderen“ Art der Artentstehung nie verloren ging. Sogar theoretische Modelle zur disruptiven Selektion und sympatrischen Artbildung wurden mit Regelmäßigkeit auch von führenden Evolutionsbiologen wie John Maynard-Smith weiterhin veröffentlicht.

Dass allopatrische Artbildung der vorherrschende Mechanismus bei der Entstehung neuer Arten ist, wird auch heute noch von der großen Mehrheit aller Evolutionsbiologen unterstützt. Allerdings sind in den letzten 10 bis 15 Jahren zunehmend Studien veröffentlicht worden, in denen „ökologische Artbildung“ als Mechanismus der Speziation erkannt wurde. Das Konzept der ökologischen Artbildung schreibt der natürlichen Selektion nicht nur bei der Spezialisierung und Adaption, sondern auch bei der Artbildung eine entscheidende Rolle zu. Für Mayr sind ökologische und sympatrische Artbildung fast gleichzusetzen, deshalb versucht er in seinem bereits erwähnten Artikel „Ecological factors in speciation“ in *Evolution* (1947) und dessen Wiederveröffentlichung (als Kapitel in seinem 1976 veröffentlichten Buch) unter dem bezeichnenden Titel „Sympatric speciation“ die Rolle von Selektion nochmals zu beleuchten. Mayer sah also bereits 1947 und immer noch 1976 in ökologischen Faktoren, die unter sympatrischen Bedingungen zu veränderten Anpassungen führen, keine bedeutenden Mechanismen der Artentstehung, sondern favorisierte weiterhin den eher passiven Mechanismus der allopatrischen Speziation. Die Rolle von ökologischer Artbildung wird heute, zumindest von einer wachsenden Anzahl von Biologen, anders gesehen. So hat sich die Sichtweise gegenüber der Entstehung neuer Arten insbesondere im letzten Jahrzehnt sowohl im Hinblick auf die Geografie als auch auf die Rolle der natürlichen Auslese gewandelt. Dieses wiedererwachte Interesse an den Prozessen der Artbildung ging einher mit einer Reklassifizierung der Artbildungsprozesse von einer vornehmlich geografisch-passiven zu einer eher prozessorientierten Einteilung. Obwohl diese beiden Typen der Kategorisierung einander sicher nicht in allen Fällen völlig ausschließen.

Bezeichnenderweise wurden einige Studien zur sympatrischen Artbildung, die große Aufmerksamkeit erregten, in den letzten beiden Jahren nach Mayrs Tod 2005 veröffentlicht, darunter auch eine aus meinem Labor zur sympatrischen Artbildung bei Buntbarschen.

## Sympatrische Artbildung bei Buntbarschen

Neben Guy L. Bush und dessen Studien zu Wirtsspezialisierung begann Ernst Mayr erst in den letzten beiden Jahrzehnten seines Lebens an ein mögliches weiteres Beispiel sympatrischer Artbildung zu glauben, nämlich bei Buntbarschen, die in Seen (besonders Kraterseen) Afrikas und Mittelamerikas leben. So schrieb er 1984 in einem Beitrag zu dem Buch *Evolution of fish species flocks* (hrsg. von E. Echelle und I. Kornfield) zwar „as far as intralacustrine speciation is concerned intralacustrine does not imply sympatric speciation“, doch hob er hervor, dass „the morphological consequences of sympatric speciation would be that characters related to resource partitioning (food utilization) should be the first to diverge“. Weiterhin führte er aus: „if assortative mating should develop among members of two morphs [of polymorphic species of cichlids], it would represent a case of sympatric speciation“ (Mayr 1984). In privaten Konversationen räumte er ein, dass er die Buntbarsche der Kraterseen Nicaraguas für das bisher überzeugendste Beispiel sympatrischer Artbildung hielt. Worum geht es?

Buntbarsche sind in den letzten Jahrzehnten, neben den Darwinfinken der Galapagos Inseln, zu einem der bekanntesten Modellsysteme in der evolutionsbiologischen Forschung geworden, denn sie bieten beispielsweise die Möglichkeit, nicht nur sexuelle Selektion, also die Entstehung neuer Arten durch selektive Partnerwahl, aufgrund von Farbunterschieden innerhalb einer Population zu erforschen, sondern auch Theorien zur „ökologischen“ – in diesem Fall sympatrischen Artbildung – zu testen.

Neuere theoretische Modelle zeigten, dass unter bestimmten Bedingungen der Verbreitung, Partnerwahl, Selektion und ökologischer Spezialisierung durchaus neue Arten innerhalb einer Population – also sympatrisch – entstehen können. Genügend starke divergente Selektion kann also sehr wohl – auch ohne Genfluss verändernde geografische Barrieren – zu neuen Arten innerhalb einer Population führen. Divergente oder disruptive Selektion arbeitet gegen durchschnittliche Individuen, fördert aber die extremen Spezialisten an beiden Enden des morphologisch/ökologischen Spektrums. Im Fall des Midasbuntbarsches aus Nicaragua, an dem ich seit über 20 Jahren forsche, meint dies also die besonders molariformen oder papilliformen Individuen, oder auch Fische mit besonders lang gestreckten Körpern, die sich effizient im offenen Wasser bewegen, oder solche Individuen mit besonders tiefen Körpern und längeren Brustflossen, die eher die Ufernähe bevorzugen und schnellere Richtungsänderungen beim Schwimmen ausführen können als die torpedoförmigen Formen des offenen Wassers (Abb. 1 und 2).

In den großen Seen wie auch den Kraterseen Nicaraguas lebt ein kleiner Artenschwarm von extrem nah verwandten Arten von Buntbarschen der Artengruppe um *Amphilophus citrinellus* – dem Midasbuntbarsch. Bisher wurden nur drei Arten for-



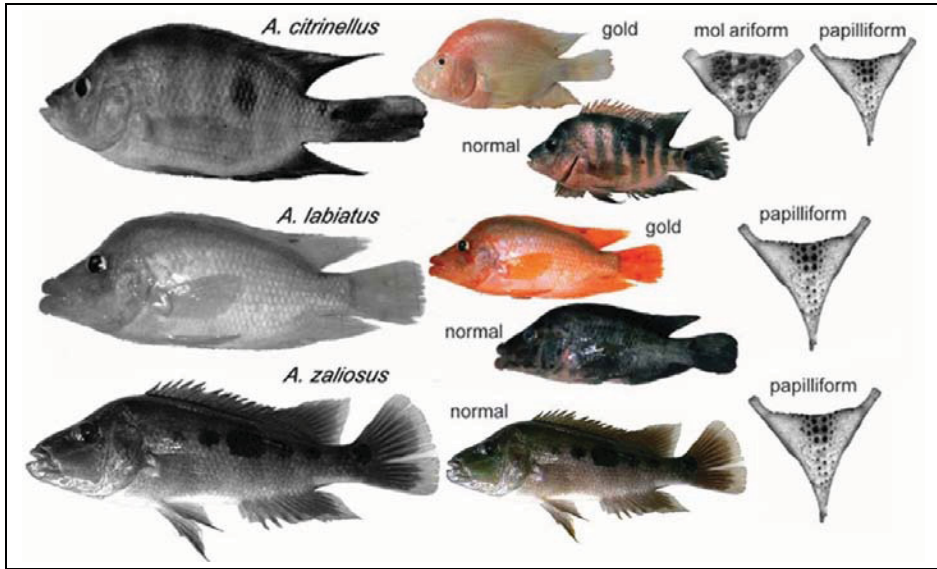


Abbildung 1  
 Polymorphismen der drei bisher beschriebenen Arten des *Amphilophus citrinellus*-Artenkomplexes. Bei zwei dieser Arten gibt es einen Farb- und einen morphologischen Polymorphismus.

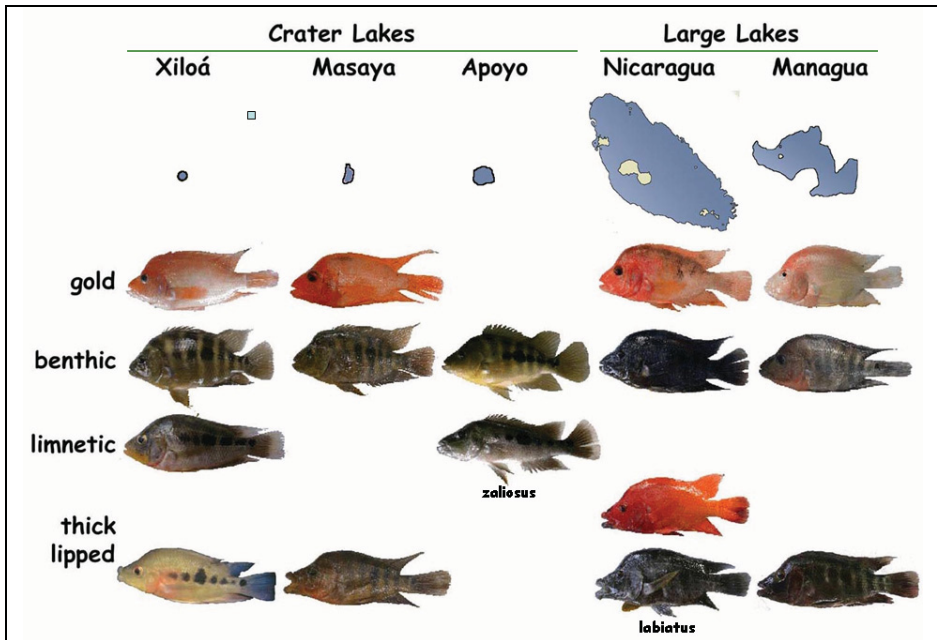


Abbildung 2  
 Weitere Arten dieses Artenkomplexes leben in den Kraterseen Nicaraguas

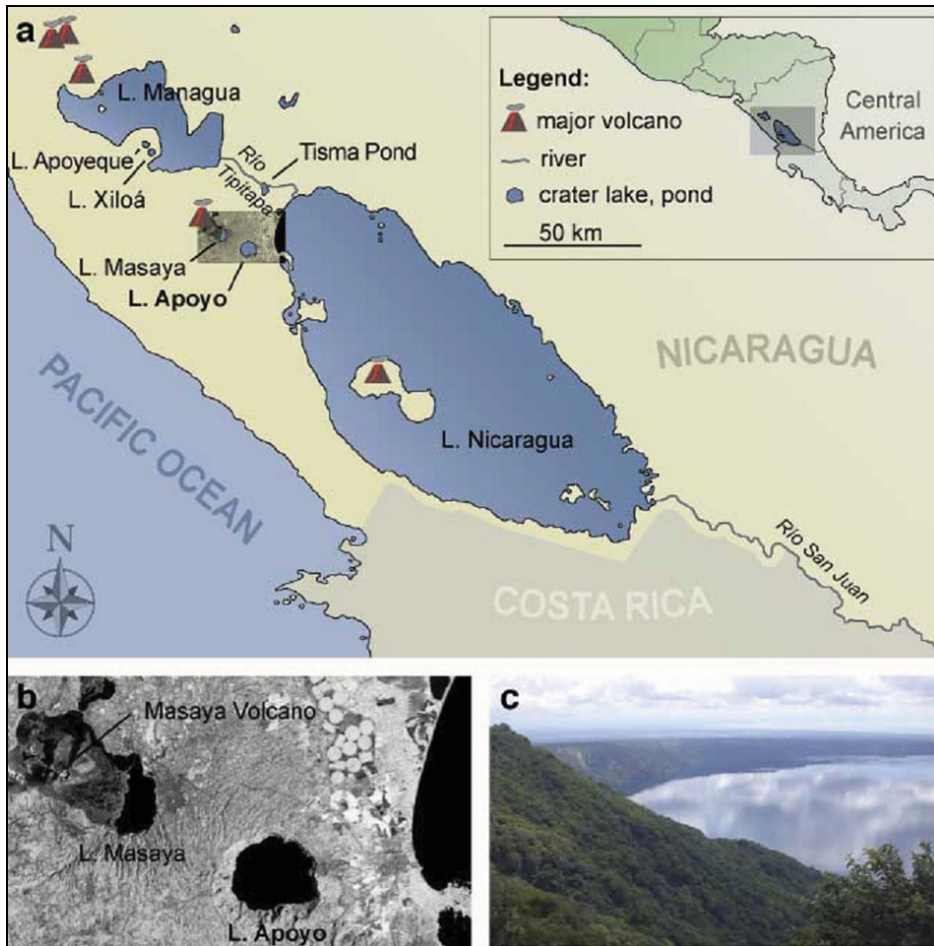


Abbildung 3  
 Geographie Nicaraguas. a) schematische Darstellung der geografischen Situation. b) Satellitenbild des Masaya- und Apoyokratersees. c) Photographie vom Kraterrand des Apoyosees (von Barluenga et al. 2006).

mell beschrieben, *A. citrinellus*, *A. labiatus* und *A. zaliosus*. *A. citrinellus* und *A. labiatus* leben in den großen Seen Nicaraguas, aber die erste Art kommt auch in einigen Kraterseen vor (Abb. 3). Die Individuen dieser Art sind nicht nur farblich, sondern auch in anderen morphologischen Strukturen sehr deutlich unterschieden. Die Körperformen innerhalb von Populationen eines Sees sind äußerst variabel und insbesondere der Schlundkiefer – eine „Erfindung“ einiger Fischgruppen wie der Cichliden, mit Hilfe dessen einige Nahrungsquellen, wie harte Schnecken, nur den Buntbarschen zugänglich sind, während andere Fischarten sich nicht von dieser Nah-

rungsquelle ernähren können – kann höchst unterschiedlich aussehen (siehe Abb. 1). Buntbarsche haben den fünften Kiemenbogen, der bei basaleren Fischen noch Kiemen zur Atmung trägt, zu einem zweiten Kiefer, dem sogenannten Schlundkiefer, umgebaut, mit dem sie dann Nahrungsquellen ausnutzen können, die anderen Fischen verschlossen bleiben. Diese Erfindung der Evolution trug wahrscheinlich mit dazu bei, dass die Familie Cichlidae zu den artenreichsten aller Wirbeltiere gehört. Insgesamt gehören fast 3.000 Arten zur Familie der Buntbarsche; keine andere Gruppe von Fischen oder auch anderen Wirbeltieren ist so artenreich. Einige Vertreter der Midasbuntbarschgruppe in Nicaragua können extrem stabile „molariforme“ – wie ich es nannte –, mit starken „Backenzähnen“ besetzte Schlundkiefer haben (Meyer 1990a, Meyer 1990b), die es ihnen erlauben, die sehr harten Gehäuse von Schnecken zu knacken, oder „papilliforme“, mit kleinen, spitzen Zähnen besetzte Schlundkiefer, mit denen weichere Nahrung, wie Insektenlarven, effizienter aufbereitet werden können (Meyer 1989). Schnecken knacken können die papilliformen Midasbuntbarsche nicht. Es schien denkbar, dass dieser Polymorphismus in morphologischen Strukturen, die einen messbaren ökologischen Effekt haben, da verschiedene Nahrungsquellen eines Sees unterschiedlich genutzt werden, zur Entstehung neuer Arten führen könnte.

Individuen einer Population, die an verschiedenen Stellen und Wassertiefen eines Sees nicht nur unterschiedliche Nahrungsquellen aufsuchen, sondern dort möglicherweise auch Paarungspartner mit morphologischen oder Farbunterschieden finden, könnten theoretisch auch neue Arten herausbilden – innerhalb eines Sees, auch eines noch so kleinen Kratersees, von denen es einige in Nicaragua gibt (siehe Abb. 3). Der Artenkomplex des Midasbuntbarsches lieferte eines der (bisher) ganz wenigen Beispiele für die Entstehung neuer Arten ohne geografische Barrieren (Wilson et al. 2000; Barluenga und Meyer 2004; Barluenga et al. 2006).

Nur in den beiden großen Seen Nicaraguas, dem Nicaraguasee und dem Managua-see, lebt *Amphilophus citrinellus* zusammen mit der nahe verwandten Art, *A. labiatus*. Auch in einer Reihe von Kraterseen Nicaraguas ist der Midasbuntbarsch zu finden, unterscheidet sich dort aber zum Teil äußerlich und genetisch merklich von den Populationen der großen Seen Nicaraguas. Bisher ist nur noch eine weitere Art, *A. zalius*, beschrieben, die wegen ihrer Körperform Pfeilcichlide genannt wird (siehe Abb. 1). Allein im  $\approx 20 \text{ km}^2$  kleinen und völlig von anderen Seen und Flüssen abgeschlossenen Apoyo Kratersee ist diese Art des Midascichliden-Artenkomplexes zu finden (siehe Abb. 3). Den Ursprung dieser Art haben wir in den letzten Jahren genauer mit genetischen, morphologischen und ökologischen Methoden erforscht. Es stellte sich dabei heraus, dass der Pfeilcichlide sich nicht nur äußerlich von der Ursprungsart, dem Midascichliden, unterscheidet (Abb. 4), der auch den kleinen See mit ihm teilt, sondern sich auch in diesem See in wahrscheinlich weit weniger als

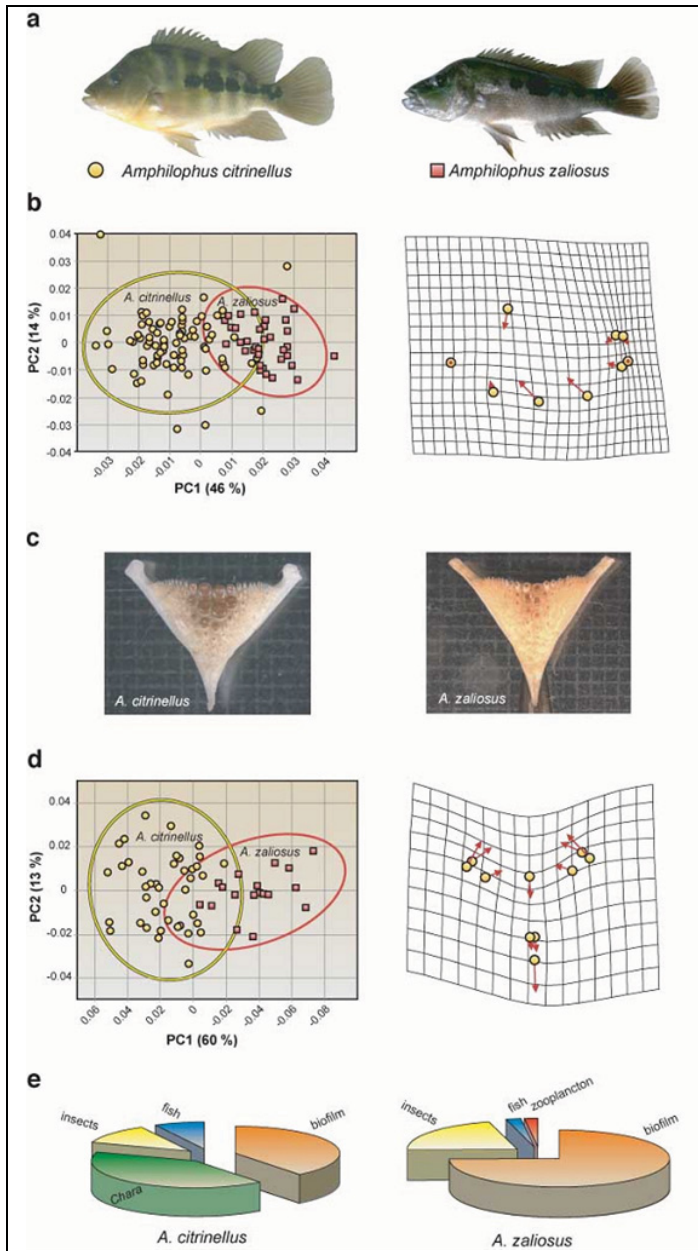


Abbildung 4  
 Morphometrische Analysen der Morphologie des Körpers der beiden bisher beschriebene Arten des Apoyosees. Sie unterscheiden sich sowohl in der Körperform als auch der Morphologie des Schlundkiefers. Magenanalysen zeigen ferner, dass sie die Ressourcen ihres Kratersees unterschiedlich nutzen.

20.000 Jahren seit der Entstehung dieses Sees herausgebildet hat (Barluenga et al. 2006). Er pflanzt sich nur mit Mitgliedern seiner Art fort, wie auch Partnerwahlexperimente in Aquarien zeigten, nutzt andere Nahrungsquellen aus und lebt öfter im tiefen Wasser als die Ursprungsart, der Midasbuntbarsch (Abb. 5) – *A. zaliosus* ist somit nach Mayrs biologischem Artenkonzept eine separate neue Art. Die beiden Arten (es gibt wahrscheinlich sogar noch zwei oder drei weitere Arten in diesem und anderen kleinen Kraterseen, was wir gerade erforschen; siehe Abb. 2) lassen sich mithilfe sensitiver genetischer Marker und moderner populationsgenetischer Analysen klar voneinander unterscheiden (Abb. 6). So ist durch ökologische Speziation wenigstens eine neue Art sympatrisch, also innerhalb eines kleinen, jungen Kratersees entstanden und zwar wahrscheinlich in weniger als 10.000 oder sogar 2.000 Jahren, wie die genetischen Daten zeigen.

Mit Darwin begann das Interesse an der Rolle der Selektion in der Speziation; diese Rolle wurde erstmals explizit unter den Begründern der sogenannten Modernen Synthese – Theodozios Dobzhansky und Ernst Mayr – unterschiedlich diskutiert und wird heute mit neuen Methoden und Datensätzen wieder erforscht. Artbildung durch natürliche Selektion ist ein evolutionärer Prozess, der von offensichtlich immanentem Interesse für Evolutionsbiologen ist. Denn Selektion ist die Brücke, welche die Mikroevolution innerhalb von Arten und das Verstehen von Prozessen und Mustern der makroevolutionären Diversifizierung miteinander verbindet.

Durch genetische und genomische Analysen suchen wir jetzt nach den Genen für morphologisch/ökologische Unterschiede zwischen diesen jungen Buntbarscharten aus Nicaragua, um auch auf molekularer Ebene zu verstehen, wie neue Arten entstehen, wie viele Gene in diesen Prozess involviert sind und welche Mutationen diese Arten voneinander unterscheiden. Denn auch die relative Bedeutung von Mutation und Selektion ist ein Thema, das schon seit den Zeiten der Modernen Synthese unter Evolutionsbiologen diskutiert wurde. Im Zeitalter der Genomik wird es zunehmend möglich, auch dieses Kapitel der Geschichte der Evolutionsbiologie neu zu beleuchten.

## Literatur

- Barluenga, M. & A. Meyer (2004): The Midas cichlid species complex: incipient sympatric speciation in Nicaraguan cichlid fishes? In: *Molecular Ecology* 13, S. 2061–2076.
- Barluenga, M., K. Stölting, W. Salzburger, M. Muschick & A. Meyer (2006): Sympatric speciation in Nicaraguan crater lake cichlid fish. In: *Nature* 439, S. 719–724.
- Coyne, J.A. & A. H. Orr (2004): *Speciation*, Sinauer.
- Darwin, C. (1859): *The origin of species*, London: Murray.

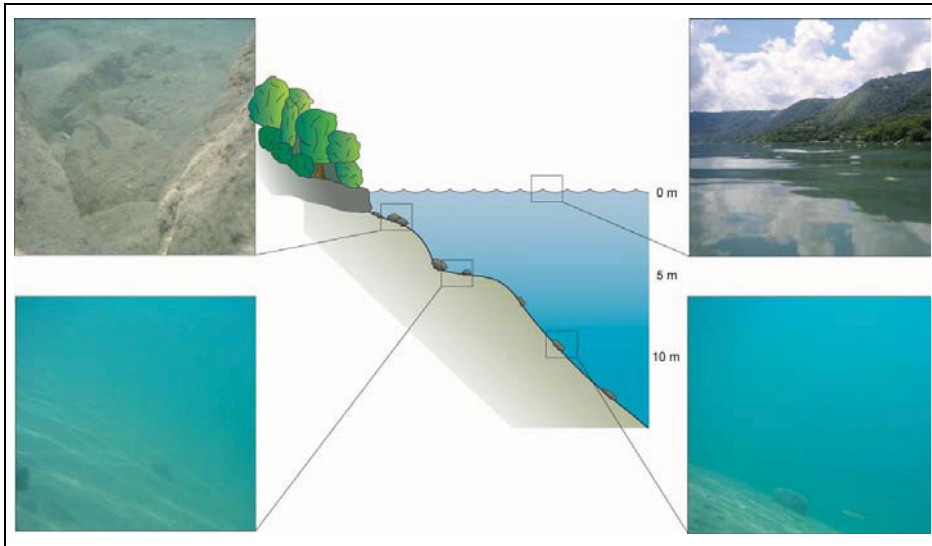


Abbildung 5  
 Beide Arten nutzen den Kratersee unterschiedlich. Während *A. citrinellus* eher näher an der Wasseroberfläche zu finden ist, ist *A. zaliosus* eher in den offenen und tieferen Teilen des Sees zu finden.

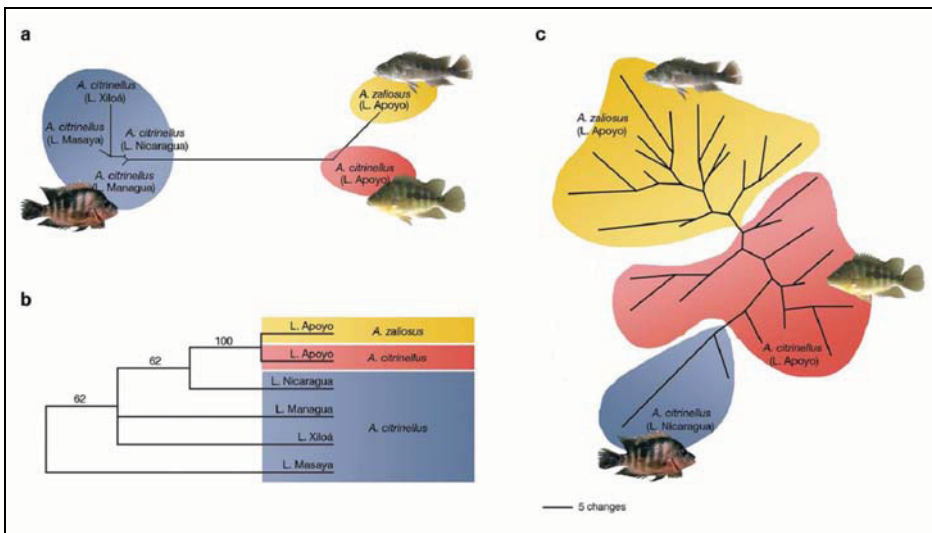


Abbildung 6  
 Genetische Analysen mit mitochondrialen wie Kerngenmarkern zeigen, dass die beiden Arten des Apoyosees näher miteinander verwandt sind als mit Arten des Artenkomplexes, die außerhalb des Kratersees leben. Die genetischen Daten zeigen, dass *A. zaliosus* in dem Kratersee – durch sympatrische Artbildung – entstanden sein muss.

- Mallet, J. (2004): Poulton, Wallace and Jordan: how discoveries in *Papilio* butterflies led to a new species concept 100 years ago. In: Systematics and Biodiversity 1, S. 441–452.
- Mayr, E. (1942): Systematics and the origin of species from the viewpoint of a zoologist, New York: Columbia University Press.
- Mayr, E. (1947): Ecological factors in speciation. In: Evolution 1, S. 263–288.
- Mayr, E. (1976): Sympatric speciation. In: Evolution and the diversity of life, Belknap Press of Harvard University Press, S. 144–175.
- Mayr, E. (1984): Evolution of fish species flocks: a commentary. In: Echelle, E. & I. Kornfield (Hg.), Evolution of fish species flocks, Orono: University of Maine and Orono Press, S. 3–11.
- Meyer, A. (1989): Costs and benefits of morphological specialization: feeding performance in the trophically polymorphic Neotropical cichlid fish, *Cichlasoma citrinellum*. In: Oecologia 80, S. 431–436.
- Meyer, A. (1990a.): Ecological and evolutionary aspects of the trophic polymorphism in *Cichlasoma citrinellum* (Pisces: Cichlidae). In: Biological Journal of the Linnean Society 39, S. 279–299.
- Meyer, A. (1990b): Morphometrics and allometry of the trophically polymorphic cichlid fish, *Cichlasoma citrinellum*: Alternative adaptations and ontogenetic changes in shape. In: Journal of Zoology (London) 221, S. 237–260.
- Poulton, E. B. (1909): What is a species? In: Essays on evolution, 1889–1907, Oxford: Clarendon Press, S. 46–94.
- Wallace, A. R. (1865): On the phenomena of variation and geographical distribution as illustrated by the Papilionidae of the Malayan region. In: Transactions of the Linnean Society London 25, S. 1–71.
- Wilson, A. B., Noack-Kuhnmann, K. & A. Meyer (2000): Incipient speciation in sympatric Nicaraguan crater lake cichlid fishes: sexual selection versus ecological diversification. In: Proceedings of the Royal Society of London, Ser. B 267, S. 2133–2141.

Euler-Abend

31. Mai 2007





Leonhard Handmann: Portrait des Mathematikers Leonhard Euler, 1753, Pastell auf Papier, Kunstmuseum Basel (Foto: Martin Bühler, Kunstmuseum Basel)

# Leonhard Euler als Theoretiker

## Einleitung

Der irische Satiriker Jonathan Swift hatte gesagt: „Elephanten werden stets kleiner als in Wirklichkeit gezeichnet, aber ein Floh stets größer“ (Fellmann 2007, S. XIII). Wer immer über Euler etwas sagen will, muss genau dieses Problem lösen: Wie wird man einem Mathematiker gerecht, der gleichsam ein Shakespeare der Mathematik war: universell, reichhaltig in den Einzelheiten, unerschöpflich (Simmons 2007, S. 168), der alle Gebiete der reinen und angewandten Mathematik behandelte und bereicherte, dessen mathematisches, philosophisches und religiöses Denken einander bedingten?

Tatsächlich war Euler tief religiös, ein überzeugter reformierter Protestant. 1744 erschien seine *Theorie der Bewegungen der Planeten und Kometen* in Berlin bei Ambrosius Haude (Euler 1744a). Ferdinand Helfreich Frisch gab dem Werk den folgenden Kupferstich bei (Abb. 1: EO II, 28, Tafel I vor S. 105; Fellmann 2007, S. X).

Er verdeutlicht Eulers Vorstellung von Gottes Schöpfung. Zahllose Sonnensysteme werden von Sonnen, Planeten, Monden, Kometen gebildet. Noch ist der erst im Jahre 1781 von Friedrich Wilhelm Herschel entdeckte Uranos nicht berücksichtigt. Die Schöpfung ist das Werk des Weisesten, *sapientissimi opus*, wie der Spruch besagt. Aber der Mathematiker kann durch Anwendung des Newtonschen Gravitationsgesetzes und Aufstellung von Differentialgleichungen die Bahnen berechnen, das heißt aus der Ursache, der Kraft, die Wirkung, die Bahn. Davon zeugt der Kupferstich zu Beginn der 1736 erschienenen *Mechanik oder analytisch dargelegte Wissenschaft von der Bewegung* (Abb. 2: Euler 1736, S. 5).

Das Haupt der Himmelsgöttin trägt die Sonne, um die die mit bloßen Augen erkennbaren sechs Planeten mit einigen ihrer Monde kreisen. In der rechten Hand hält die Göttin ein aufgeschlagenes Buch. Die Zeichnungen zeigen die elliptische Bahn eines Planeten in deren Gänze oder zu einem Teil.

Für den gläubigen Euler gab es noch einen zweiten Weg zur Welterkenntnis. Gottes Schöpfung ist höchst vollkommen und unterliegt deshalb Extremalprinzipien. Im

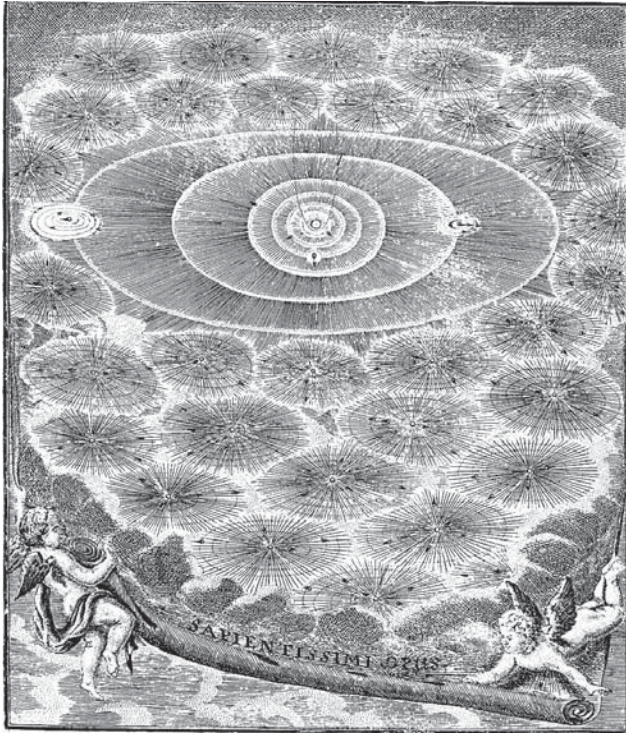


Abbildung 1

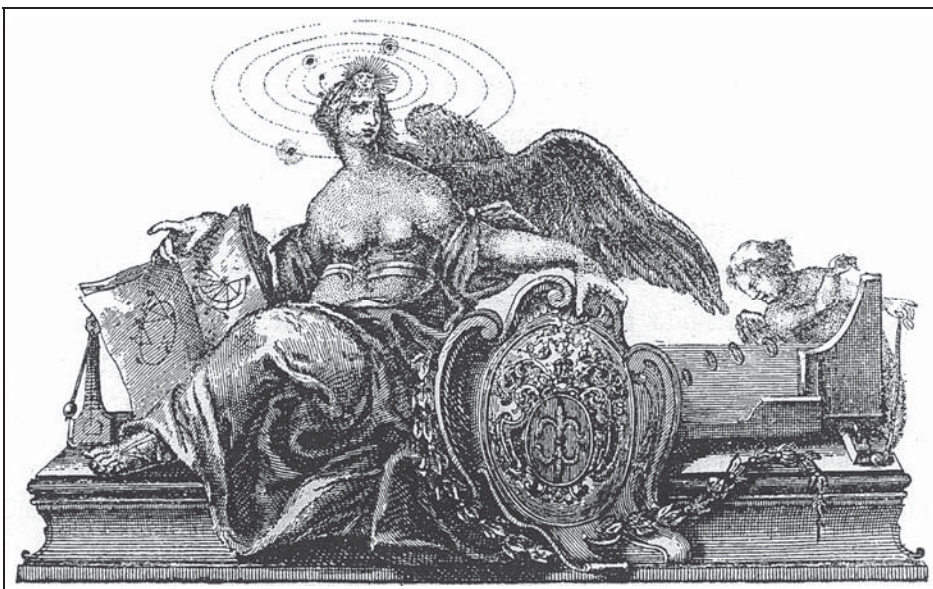


Abbildung 2

1. Zusatz zu seiner 1744 veröffentlichten *Variationsrechnung* gab Euler folgende zitierte Erklärung ab (Euler 1744b, S. 231; Thiele 1982, S. 69; Szabó 1987, S. 105): „Cum enim mundi universi fabrica sit perfectissima atque a Creatore sapientissimo absoluta, nihil omnino in mundo contingit, in quo non maximi minimive ratio quaequam eluceat; quamobrem dubium prorsus est nullum, quin omnes mundi effectus ex causis finalibus ope methodi maximorum et minimorum aequae feliciter determinari queant, atque ex ipsis causis efficientibus.“ „Da nämlich der Bau der gesamten Welt höchst vollkommen und vom weisesten Schöpfer vollendet wurde, geschieht überhaupt nichts in der Welt, bei dem nicht das Verhältnis eines Maximums oder Minimums hervorleuchtet; deshalb gibt es durchaus keinen Zweifel, dass alle Wirkungen der Welt, die auf Finalursachen beruhen, mit Hilfe der Methode der Maxima und Minima gleich erfolgreich bestimmt werden können wie aus den bewirkten Ursachen selbst.“

Die Worte verdeutlichen, wie eng Eulers Philosophie, Religiosität und Mathematik miteinander zusammenhängen, wie stark diese einander wechselseitig bedingen: Der *creator sapientissimus* tritt in der *Planetentheorie* ebenso wie in der *Variationsrechnung* auf. Ich möchte deshalb die folgenden vier Aspekte des Theoretikers Euler ansprechen:

- I Philosophisches Denken
- II Theologisches Denken
- III Über das Unendliche
- IV Zur Musiktheorie

Den Schluss wird ein kurzer Epilog bilden.

## I Philosophisches Denken

Euler hat sich wiederholt energisch und polemisch zu philosophischen Fragen geäußert, und zwar um die Leibniz-Wolffsche Philosophie zu bekämpfen bzw. das, was er dafür hielt. Besondere Bedeutung erlangten drei Auseinandersetzungen.

1. Die 1745 für 1747 unter Eulers Einfluss von der Berliner Akademie gestellte Preisaufgabe (EO III, 2, S. XI):  
„On demande, qu'en commençant par exposer d'une manière exacte et nette la doctrine des Monades, on examine si d'un côté elles peuvent être solidement réfutées et détruites par des argumens sans réplique; ou si de l'autre on est en état, après avoir prouvés les Monades, d'en déduire une explication intelligible des principaux phénomènes de l'Univers, et en particulier de l'origine et du mouvement des corps“.

Auf Betreiben Eulers wurde der Preis dem Monadengegner Johann Heinrich Gottlob von Justi 1747 zuerkannt.

2. Die Debatte um das Prinzip der kleinsten Aktion und den Schweizer Mathematiker Samuel König in den Jahren 1751 bis 1753, die zum Eingreifen des Königs Friedrich II. und Voltaires führte und den Akademiepräsidenten Maupertuis zum Verlassen Berlins trieb (Knobloch 1995).
3. Die 1753 für 1755 von der Berliner Akademie gestellte Preisaufgabe:  
„L'examen du système de Pope (Tout est bien)“  
Der Preis wurde auf Drängen Maupertuis' dem Antileibnizianer A. F. Reinhard zuerkannt.

Warum war Euler derart heftig gegen die Leibniz-Wolffsche Philosophie eingestellt? Das Kernstück der Leibnizschen Philosophie war die Lehre von den Monaden, dem Nicht-Materiellen jedes Lebewesens, den menschlichen Seelen, denen weder Ausdehnung noch Gestalt zukommt (Finster & van den Heuvel 1990, S. 65). Während Materie nach Leibniz unendlich teilbar ist, haben Monaden als individuelle Substanzen keine Teile. Jeder Monade ist aber ein materieller Körper zugeordnet. Die Beziehung zwischen Monade und ihrem Körper ist durch eine prästabilierte, von Gott geschaffene Harmonie geregelt.

Soweit Leibniz. Euler machte den Unterschied zwischen Substanz, sprich Monaden, und den zugeordneten Körpern nicht mit. Er redete, wie Breidert prägnant sagte, dogmatisch an den Dogmatikern vorbei (Breidert 1983, S. 451). Die Leibnizsche Lösung des Leib-Seele-Problems, die prästabilierte Harmonie, lehnte er von Anbeginn ab, so bereits in seiner Habilitationsschrift über den Schall (Euler 1727, S. 196). In den Briefen an eine deutsche Prinzessin hatte er nur Spott dafür übrig: Sollte sein Körper nicht weiter mit seiner Seele zusammentreffen, so würde er ihm nicht mehr angehören als der Körper eines Rhinoceros in Afrika. „Ich würde“, schreibt er im Brief 83, „eben soviel als jetzt, die Ehre haben, Ew. H. zu schreiben; aber wie sie alsdann meine Briefe aufnehmen würden, das weiß ich nicht.“ (Euler 1768–1772, S. 188). Leibniz war seit langem tot. Eulers *furor* wandte sich gegen die Monadisten, das heißt gegen den Hallenser Rationalisten und Aufklärungsphilosophen Christian Wolff und dessen Anhänger. Er unterstellte ihnen atheistische Tendenzen, ein Punkt, bei dem er keinen Spaß verstand.

Als die Berliner Akademie 1745 die Preisaufgabe stellte, die Monadenlehre exakt darzustellen und gegebenenfalls daraus Ursprung und Bewegung der Körper abzuleiten, ließ Euler 1746 anonym die Schrift *Gedancken von den Elementen der Körper, in welchen das Lehr-Gebäude von den einfachen Dingen und Monaden geprüftet, und das wahre Wesen der Körper entdeckt wird* erscheinen (Euler 1746a; dazu Matter & Burckhardt in EO III, 2, S. XI): Eulers Autorschaft war freilich nicht zu verheimlichen. Eine Kampfschrift gegen die ungeliebten Vertreter der Monadenlehre. Euler

unterstellte diesen, sie ließen die Körper aus einfachen Dingen, den Monaden, bestehen. Dem setzte er seine Lehre entgegen, dass Körper qua Ausdehnung ohne Grenze ins Unendliche teilbar sind, dass Ausdehnungsloses nichts ist, dass sie also nicht aus einfachen Dingen, den Monaden zusammengesetzt sein können: Eulers Widerlegung der Monadologie, die für erheblichen Widerspruch bei den angegriffenen Philosophen gesorgt hat, zumal der Preis einem Monadengegner zuerkannt wurde. In den *Briefen an eine deutsche Prinzessin* gab Euler diesem Thema nochmals breiten Raum (Brief 122–132). Ironisch bemerkte er (Brief 125; Euler 1986, S. 144; Euler 1768–1772, III, 11, S. 295): „Herr von Wolf selbst, [...] bedrohte schon unsere Akademie mit dem philosophischen Bannstrahle. Ich erinnere mich nicht mehr, wem wir es eigentlich zu danken haben, daß wir ihm noch entgangen sind“.

Eulers Streitschrift erschien mit einem Emblem: Über der Büste der behelmteten Göttin Athene beziehungsweise Minerva, der Göttin der Künste und der Weisheit, prangt der Hexameterschluss eines Verses von Horaz (Epistulae I, 2, 40): Sapere aude, „Habe Mut, Deinen Verstand zu gebrauchen.“

Kant, der zu Euler Kontakt gesucht hatte, hatte diese Aufforderung 1784 zum Wahlspruch der Aufklärung in seiner *Beantwortung der Frage: Was ist Aufklärung?* erhoben (Kant 1784, S. 51). Schiller griff den Imperativ 1794 im 8. Brief *Über die ästhetische Erziehung des Menschen* auf (Schiller 1794, S. 591).

Man könnte darin einen zusätzlichen Seitenhieb Eulers auf die beschränkten Monadisten sehen. Doch tritt das Motto auch zum Beispiel auf den Titelblättern der *Theorie der Bewegungen der Planeten und Kometen* von 1744 und der *Neuen Grundsätze der Artillerie* von Robins auf, von denen Euler 1745 eine deutsche Bearbeitung veröffentlichte (Euler 1745): Es ist das Emblem des Verlegers Johann Ambrosius Haude, der ab 1744 das Recht besaß, alle Veröffentlichungen der Akademie der Wissenschaften zu verlegen. Er starb jedoch bereits vier Jahre später.

Mit welcher Unbekümmertheit Euler naturphilosophische Fragen behandelte, mag seine 1746 erschienene *Aus mechanischen Prinzipien abgeleitete Entwirrung der Frage, ob der Materie die Fähigkeit zu denken zugeteilt werden kann oder nicht verdeutlichen* (Euler 1746b). Euler bediente sich eines Syllogismus:

Kein Körper hat eine zur Trägheit gegenteilige Kraft.

Die Fähigkeit zu denken ist eine zur Trägheit gegenteilige Kraft.

Also kann kein Körper die Fähigkeit zu denken haben.

## II Theologisches Denken

In Glaubensfragen verstand Euler keinen Spaß. Wiederholt hat er seinen Glauben verteidigt, gegebenenfalls mit den Mitteln der Mathematik. Die zeitgenössische Philosophie Christian Wolffs, die Zweifler an der Wahrheit der biblischen Schöpfungs-

geschichte, die Freigeister an der Berliner Akademie boten hinreichend Anlass zum Einschreiten.

1747 veröffentlichte er die kleine, kaum zwanzig Seiten umfassende Schrift *Rettung der göttlichen Offenbarung gegen die Einwürfe der Freygeister* (Euler 1747). Schwierigkeiten und scheinbare Widersprüche können weder die Geometrie noch die Heilige Schrift in Misskredit bringen. Die Auferstehung Christi ist danach eine ausgemachte Wahrheit (§ 36), die Existenz von Teufeln sehr wahrscheinlich: „Da allem Anschein nach Gott von allen möglichen Arten Geschöpfe erschaffen hat, so haben wir nicht den geringsten Grund an dem Daseyn solcher uns an Verstand eben so weit als an Boßheit übertreffenden Geschöpfe zu zweifeln“ (Euler 1747, S. 272). In den *Briefen an eine deutsche Prinzessin* führt er seine Gedanken zur göttlichen Vorsehung fort. Die Menschen sind weder die besten noch die bösesten Geister, die wir Teufel nennen (Brief 111). Ganz ähnlich argumentiert Kant in der etwa zeitgleich erschienenen *Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels* (Kant 1755, S. 387f.). Sein Sonnenabstandsgesetz besagte, dass die Wesen um so moralisch höher stehend und klüger sind, auf je entfernteren Planeten sie wohnen. Ein aktuelles Thema, wenn man an die jüngste Entdeckung des bewohnbaren Planeten V 838 Monocerotis in 200 Billionen km Entfernung denkt.

Dementsprechend meinte Euler, der Schöpfungsplan erforderte wohl, dass alle möglichen Geister existieren (Brief 110). Eulers Teufels-, nicht Gottesbeweis erforderte eine Theodizee: Hätte Gott nicht besser diejenigen Geister nicht erschaffen, von denen er vorhersah, dass sie ihre Freiheit missbrauchen und sündigen werden? Ironisch antwortet Euler auf solche Einwürfe: „Gewiß würden diejenigen, die Gott diesen Vorwurf machen, sehr ungern zur Ausnahme gehören.“

Zudem gilt (Brief 111): „Jeder Geist, und selbst der Teufel nicht ausgenommen, ist immer ein herrliches Wesen (un être excellent), das unendliche Vorzüge vor all dem hat, was man sich in der körperlichen Welt nur denken kann“ (Euler 1768–1772, III, 11, S. 264).

Der Prinzessin vermittelt Euler (Brief 113): Die Trübsale dieser Welt sind notwendig. Gott hat nicht ohne die stärksten Gründe soviel Elend und Trübsale in diese Welt eingeführt.

In der *Einführung in die Analysis des Unendlichen* dient die Berechnung des Bevölkerungswachstums als Beispiel für das Rechnen mit Logarithmen (Euler 1748 I, S. 115f.): Nach der Sintflut sei das Menschengeschlecht von 6 Menschen fortgepflanzt worden. Wenn es nach 200 Jahren auf 1 Million angewachsen ist, hätte es jährlich um den 16. Teil von sich wachsen müssen. Wenn sich in den einzelnen Jahrhunderten die Zahl der Menschen verdoppeln soll, muss sich die Zahl jährlich um den 144. Teil vermehren, was offensichtlich kein Problem ist. „Quam ob causam maxime ridiculae sunt eorum incredulorum hominum obiectiones, qui negant tam

brevi temporis spatio ab uno homine universam terram incolis impleri potuisse,“ bemerkte Euler (Euler 1748, I, S. 116), „Deshalb sind die Einwände derjenigen ungläubigen Menschen äußerst lächerlich, die sagen, in so kurzem Zeitraum hätte die gesamte Erde nicht von einem Menschen mit Einwohnern angefüllt werden können.“ Entsprechende Rechnungen hat „Professor Euler“, wie der Geistliche Johann Peter Süßmilch dankbar in seinem Werk über das Bevölkerungswachstum vermerkt, diesem 1761 zur Verfügung gestellt (Süssmilch 1761, S. 513) und in weiteren Veröffentlichungen wie den *Recherches générales sur la mortalité et la multiplication du genre humain* (Euler 1767) angestellt. Eulers Verdienste um die Bevölkerungsstatistik wurden in Berlin dadurch gewürdigt, dass das eine der beiden großen Reliefs am Statistischen Bundesamt in Berlin-Mitte auch sein Profil (neben dem von Leibniz, Newton, Einstein) enthält (Hoffmann 1992, S. 47f.). Allenthalben ist Gottes Schöpfung gemäß der biblischen Schöpfungsgeschichte in Eulers Denken gegenwärtig. Die Schöpfung lag ja nach dessen Überzeugung kaum 6000 Jahre zurück. Das Licht des hinter der Sonne nächsten Fixsterns brauchte nach Eulers Berechnung sechs Jahre. Wenn die Sterne zur gleichen Zeit wie Adam erschaffen worden wären, so hätte dieser sie nicht eher als nach sechs Jahren sehen können, selbst nicht den nächsten. Wenn also Gott noch tausendmal entferntere Sterne erschaffen hätte, so würden wir sie noch nicht sehen, so glänzend sie auch sein möchten, weil noch nicht 6.000 Jahre verfließen sind, erklärte Euler der Prinzessin (Brief 20).

In der ersten Arbeit zur Ableitung der ersten Lösung eines Spezialfalles (kollinearer Fall) des Dreikörperproblems bewunderte Euler die Weisheit Gottes als Schöpfer der Welt. Wäre der Mond hundertmal entfernter, müsste er sich wie ein Hauptplanet bewegen. Wäre die Entfernung zehnmals größer, wären wir im Zweifel, ob er ein Planet oder ein Mond ist. Aber der weiseste Schöpfer hat mit Rücksicht auf unseren unzureichenden Verstand keinen Himmelskörper so platziert (Euler 1766a, S. 248).

### III Über das Unendliche

Das Unendliche spielte in Eulers Denken eine überragende Rolle: die Analysis des Unendlichen erlaubte ihm, seine großartigen Leistungen in der Hydromechanik wie in der Himmelsmechanik. Wie aber ging er damit um? Drei Beispiele mögen seinen Umgang mit dem Unendlichen veranschaulichen.

#### 1 Das Basler Problem

Euler hat das Prinzip angewendet, das Nils Henrik Abel zum ersten Mal in Worte gekleidet hat (Engel/Schlesinger 1913, S. XI): Probleme so fassen, dass sie lösbar werden. Ein zunächst unlösbares Problem war die Summierung der reziproken



Quadratzahlen. Jakob Bernoulli erkannte die Konvergenz der Reihe, da diese die konvergente Majorante der reziproken Dreieckszahlen hat. Aber er klagte über die Schwierigkeit der Aufgabe und sagte 1689 (Stäckel 1925, S. 160): „Sollte jemand das, was unseren Anstrengungen bis jetzt entgangen ist, finden und uns mitteilen, so werden wir ihm sehr dankbar sein.“

Euler fand den Wert

$$\frac{\pi^2}{6}$$

im Herbst 1735 und teilte ihn seinem Freund Daniel Bernoulli mit (Stäckel 1925, S. 162; Hofmann 1959, S. 185).

Die Algebra war, wie Condorcet in seiner Eloge auf Euler sagte (Condorcet 1786, S. 290), eine „science très-bornée“. Euler sprengte diese Grenzen. Eine Potenzreihe ist ein ad infinitum fortgesetztes Polynom. Man darf mit ihr wie mit Polynomen rechnen. Die Analysis der transzendenten Funktionen ist nichts anderes als eine natürliche Erweiterung der Algebra. Die Faktorzerlegung von Polynomen kann auf transzendente Funktionen, das heißt Gleichungen unendlich hohen Grades, angewandt werden (Euler 1748, Kap. 10). Danach gilt (Polya 1954, S. 41–46; Simmons 2007, S. 267–269):

$$\text{a) } \sin x = \frac{x}{1} - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} \pm \dots = 0$$

hat die unendlich vielen Wurzeln

$$0, \pm \pi, \pm 2\pi, \pm 3\pi, \dots$$

b) Division durch x ergibt:

$$\frac{\sin x}{x} = 1 - \frac{x^2}{3!} + \frac{x^4}{5!} - \frac{x^6}{7!} \pm \dots = 0$$

Diese „unendliche Gleichung“ hat die Wurzeln  $\pm \pi, \pm 2\pi, \pm 3\pi, \dots$

c) Die Zerlegung in Faktoren eines Polynoms geraden Grades  $2n$  mit den  $2n$  verschiedenen Wurzeln  $\pm a_1, \pm a_2, \dots, \pm a_n$  ( $a_i \neq 0$ ):

$$b_0 - b_1 x^2 + b_2 x^4 \dots + (-1)^n b_n x^{2n} = b_0 \left(1 - \frac{x^2}{a_1^2}\right) \left(1 - \frac{x^2}{a_2^2}\right) \dots \left(1 - \frac{x^2}{a_n^2}\right)$$

Nach den Girard-Newton-Leibniz-Formeln zu Gleichungskoeffizienten und Gleichungswurzeln gilt:

$$b_1 = b_0 \left( \frac{1}{a_1^2} + \frac{1}{a_2^2} + \dots + \frac{1}{a_n^2} \right)$$

d) Analogie: Schritt von endlicher zu unendlicher Gleichung

$$\frac{\sin x}{x} = \left(1 - \frac{x^2}{\pi^2}\right)\left(1 - \frac{x^2}{4\pi^2}\right)\left(1 - \frac{x^2}{9\pi^2}\right) \dots$$

nun ist  $b_0 = 1, b_1 = \frac{1}{3!},$

also  $\frac{1}{3!} = \frac{1}{\pi^2} + \frac{1}{4\pi^2} + \frac{1}{9\pi^2} + \dots$

oder  $\frac{\pi^2}{6} = 1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{9} + \dots$

Euler schreibt zu dem Zeitpunkt

a) noch  $p$  statt  $\pi$  (Euler 1740). Sein Verfahren erlaubte ihm

b) die Berechnung der Terme der Potenzen  $1 + \frac{1}{2^n} + \frac{1}{3^n} + \dots$

für *gerades*  $n$ . Seine 2. Veröffentlichung zum Thema erschien

c) bereits in Berlin (Euler 1743). 1743 schreibt er: „methodus [...] utique erat nova et in eiusmodi instituto plane non usitata; nitebatur enim in resolutione aequationis infinitae, cuius omnes radices, quarum numerus erat infinitus, nosse oportebat“, „die Methode war [...] jedenfalls neu und bei einem derartigen Unternehmen völlig ungebräuchlich; sie stützte sich nämlich auf die Lösung einer unendlichen Gleichung, deren gesamte Wurzeln, deren Zahl unendlich groß war, man kennen musste.“

Er glaubte eine Zeitlang, ein anderer Weg ohne die Lösung einer *unendlichen Gleichung* stünde nicht offen. Doch er fand andere Lösungen. In diesem Berliner Aufsatz von 1743 führte er  $\pi$  für den halben Umfang eines Kreises mit Radius 1 ein.

d) Euler wandte eine Regel auf einen Fall an, für den sie nicht gemacht war: statt einer algebraischen Gleichung nahm er eine nicht-algebraische Gleichung: ein Analogieschluss.

Aber er hatte Gründe, dem Ergebnis zu trauen:

a) die numerische Übereinstimmung mit unmittelbarer Berechnung der Summe endlich vieler Terme

b) die Ableitung der Leibnizschen Reihe für  $\frac{1}{4}$ .

## 2 Divergente Reihen

Im Jahre 1754/55 verfasste Euler seinen Aufsatz *De seriebus divergentibus*, der 1760 erschien. Zunächst definiert er die Begriffe konvergente-divergente Reihe.

Def. 1 *Konvergent* heißen bei ihm Reihen, deren Terme eine streng monotone Nullfolge bilden, wie

$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \dots$$

Die Reihe besteht aus *termini continuo decrescentes*. Dies ist nicht der moderne Konvergenzbegriff, denn die harmonische Reihe

$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots$$

wäre danach *konvergent*, während sie nach modernem Verständnis *divergent* ist, das heißt ohne endlichen Summenwert: Die Folge der Partialsummen übersteigt jeden endlichen Wert. Euler führt nur eine notwendige Bedingung an.

Def. 2 *Divergent* heißen Reihen, deren Terme endlich bleiben oder ins Unendliche wachsen.

Euler sagt: *termini infinitesimi non in nihilum abeunt*, das heißt: Die infinitesimalen Terme werden nicht zu nichts. Euler führt nach heutigem Verständnis nur eine hinreichende Bedingung für Divergenz an. Sie ist nicht notwendig, da auch die harmonische Reihe im heutigen Sinn divergiert.

Fazit: Eulers und der moderne Konvergenz- beziehungsweise Divergenzbegriff unterscheiden sich. Euler definiert mit Hilfe der Größe der Terme. Heute definiert man mit Hilfe des Grenzwertes der Folge der Partialsummen.

Wir müssen akzeptieren: Euler hatte einen anderen Konvergenzbegriff als wir heute. Zu Recht stellten Engel und Schlesinger 1913 fest (Engel & Schlesinger 1913, S. XIIIf.), dass eine Abschätzung des formalen Prozesses fehlt, um einen vorgeschriebenen Genauigkeitsgrad zu erzielen. Auch wenn es Euler im Differentialkalkül anders darstellt: die Strenge der Griechen, und das heißt von Archimedes, erreicht er nicht (Euler 1755, S. 71). Wir kommen darauf zurück.

Ausgangspunkt war die alternierende Reihe  $1 - 1 + 1 - 1 + 1 \dots$

Am 10. Januar 1714 teilte Leibniz Johann Bernoulli, dem späteren Lehrer Eulers, das nach ihm benannte Konvergenzkriterium für alternierende Reihen mit:

Alternierende Reihen sind konvergent, wenn die Folge der Reihenglieder monoton abnehmend gegen Null konvergiert (Leibniz 1856, S. 926). Seine Mitteilung stand im Zusammenhang mit einem Brief an Christian Wolff aus dem Jahre 1713 (Leibniz 1713).

Er wusste, dass

$$1 - x + x^2 \mp \dots = \frac{1}{1+x}$$

für jedes  $x$ , das der Doppelungleichung  $-1 < x < 1$  genügt. Er setzte formal  $x = 1$  ein und erhielt

$$1 - 1 + 1 - 1 \dots = \frac{1}{2}.$$

Das Ergebnis hielt er für richtig, auch wenn darüber zwischen Guido Grandi, Wolff, Annibale Marchetti, Nikolaus I. und Daniel Bernoulli, Christian Goldbach gestritten wurde. Leibniz ging es um die Rechtfertigung. Diese fand er im *Würfelspiel*: Haben zwei Größen dieselbe Wahrscheinlichkeit, ist der mathematische Erwartungswert ihr arithmetisches Mittel, im vorliegenden Fall also

$$\frac{0+1}{2} = \frac{1}{2}.$$

Man kann dies als eine erste Idee von Summierbarkeit gemäß Cesàro oder Hölder sehen (Varadarajan 2006, S. 126). Grandi hatte eine Analogie zur Rechtsprechung im Falle zweier Erben vorgeschlagen, die von Leibniz zurückgewiesen worden war.

Euler knüpfte an Leibnizens Brief an Wolff an (Euler 1760, 589). Er behandelte jedoch die alternierende Reihe von Leibniz sofort im allgemeinen Kontext der von ihm sogenannten *divergenten* Reihen, wie sie oben definiert wurden.

Er ging von Potenzreihenentwicklungen aus, wie sie bereits Leibniz betrachtet hatte:

$$\frac{1}{1+x} = 1 - x + x^2 - x^3 + x^4 \mp \dots$$

$$\text{bzw. } \frac{1}{1-x} = 1 + x + x^2 + x^3 + x^4 + \dots$$

$$\text{oder } \frac{1}{(1-x)^2} = 1 + 2x + 3x^2 + 4x^3 + 5x^4 + \dots$$

Setzt man formal – ohne Rücksicht auf den Konvergenzradius, modern gesprochen – für  $x$  die Werte 1, 2, 3 usw. ein, erhält man die Gleichungen (Euler 1755, S. 81; Euler 1760, S. 591)

$$\frac{1}{2} = 1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1 \dots \quad (1)$$

$$\frac{1}{3} = 1 - 2 + 4 - 8 + 16 - 32 \dots \quad (2)$$

$$\frac{1}{4} = 1 - 3 + 9 - 27 + 81 - 243 \dots \quad (3)$$

$$\text{bzw. } \frac{1}{0} = 1 + 1 + 1 + 1 + \dots \quad (4)$$

$$-1 = 1 + 2 + 4 + 8 + \dots \quad (5)$$

$$-\frac{1}{2} = 1 + 3 + 9 + 27 + \dots \quad (6)$$

$$\text{bzw. } \frac{1}{0} = 1 + 2 + 3 + 4 \dots \quad (7)$$

$$1 = 1 + 4 + 12 + 32 + \dots \quad (8)$$

Alle diese Reihen sind divergent im Eulerschen Sinn. Eulers Ziel war, den Nutzen solcher divergenten Reihen zu bewahren.

Die Frage war also: Lassen sich diese Gleichungen rechtfertigen?

- a)  $\frac{1}{2}$  und die alternierende Reihe  $1 - 1 + 1 - 1 \pm \dots$  sind jedenfalls *quantitates aequivalentes* (Euler 1760, S. 593). Die Frage bleibt, ob  $\frac{1}{2}$  die Summe dieser Reihe genannt werden kann.
- b)  $\frac{1}{3}$  ist nicht die Summe der alternierenden Reihe  $1 - 2 + 4 - 8 \dots$  im Sinne einer schrittweisen Summierung, da sich bei schrittweiser Berechnung der Teilsummen die Ergebnisse immer weiter von  $\frac{1}{3}$  entfernen.
- c) Zum Ergebnis der Gleichungen (5), (6) heißt es: „multo minus cum solitis ideis conciliari potest“, „Es kann noch viel weniger mit den *gewohnten Ideen* in Einklang gebracht werden.“

Sein gewagter Vorschlag lautete (Euler 1760, S. 592): „Interim tamen veritati consentaneum videtur, si dicamus easdem quantitates, quae sint nihilo minores, simul infinito maiores censi posse.“ „Einstweilen scheint es indessen mit der Wahrheit übereinzustimmen, wenn wir sagen dieselben Größen, die kleiner als Null sind, zugleich als *größer als Unendlich* eingeschätzt werden können.“ Euler erklärt nicht, was für Größen dies sein könnten, die *größer als Unendlich* sind.

Für Euler reduzieren sich alle Schwierigkeiten auf den Begriff *Summe*. Dieser darf nicht operational verstanden werden (Euler 1755, S. 82; 1760, S. 593): „Dicamus ergo seriei cuiusque infinitae summam esse expressionem finitam, ex cuius evolutione illa series nascatur.“ „Wir wollen also sagen, die Summe jeder unendlichen Reihe ist der

endliche Ausdruck, aus dessen Entwicklung jene Reihe entsteht.“ Diese Definition tritt wohl zum ersten Mal in einem Brief an Christian Goldbach vom 7.8.1745 auf (Faber 1935, S. XII). Euler hatte vor allem drei Rechtfertigungen für seine neue Summendefinition:

a) Permanenzprinzip

Die neue Definition fällt mit der alten zusammen, wenn es sich um konvergente Reihen handelt.

b) Eulers Transformation im Falle alternierender Reihen

Das Ergebnis stimmt mit dem überein, was seine Transformationsmethode lieferte:

Sei  $s = a_1 - a_2 + a_3 - a_4 + a_5 - a_6 \dots$

Er berechnet die ersten, zweiten usw. Differenzen der aufeinander folgenden Reihenterme:

$$\Delta a = a_2 - a_1, a_3 - a_2, a_4 - a_3, \dots$$

$$\Delta^2 a = a_3 - 2a_2 + a_1, a_4 - 2a_3 + a_2, \dots$$

$$S = \frac{1}{2}a_1 - \frac{1}{4}\Delta a + \frac{1}{8}\Delta^2 a \mp \dots$$

$$\Delta a = 0, 0, 0, \dots, a_1 = 1$$

(Grattan-Guinness 1970, S. 68–70).

$$\text{Also ist } S = \frac{1}{2}.$$

Ebenso liefert die Methode für (2)  $S = \frac{1}{3}$ , (3)  $S = \frac{1}{4}$  (Euler 1755, 224).

c) Die neue Definition erweist Eulers divergente Reihen als nützlich.

Euler kommentiert (Euler 1755, S. 82): „Ope huius definitionis utilitatem serierum divergentium tueri atque omnibus iniuriis vindicare poterimus.“ „Mit Hilfe dieser Definition werden wir die Nützlichkeit divergenter Reihen schützen und vor allen Ungerechtigkeiten bewahren können“.

Die Frage ist, ob Eulers Definition wohldefiniert ist. Dazu müsste er zeigen, dass es nur genau einen *endlichen Ausdruck* gibt, dessen Entwicklung zur betrachteten Reihe führt. Ein Gegenbeispiel gibt Faber (Faber 1935, S. XIII).

Für uns bleibt wichtig:

- a) Euler verließ bewusst, wie im Falle des Basler Problems, *gewohnte Ideen*, ein Zeichen für Kreativität: Nimmt man nur Potenzreihen, so handelt es sich um das Abelsche Summierungsverfahren.

$$\sum a_n = f(1), f(x) = a_0 + a_1x + \dots$$

erzeugende Funktion (Varadarajan 2006, S. 130).

- b) Eine Analogie führte zu einer Regeldehnung, die durch eine Begriffsdehnung gerechtfertigt wird.
- c) Die durch Analogie erhaltenen Ergebnisse wurden nicht bezweifelt, sondern es wurde nach einer Rechtfertigung gesucht. Euler fragte: Wie definiere ich, nicht: was ist?
- d) Die Autoren unterschieden sich nur durch die Methoden der Rechtfertigung. Leibniz verwandte eine analoge Betrachtung, parallelisierte unendliche Reihen und Wahrscheinlichkeitstheorie. Euler wählte die Methode der Interpretation, der neuen Definition alter Begriffe. Dies war die Methode der englischen Mathematiker um John Peacock, Robert Woodhouse, Augustus de Morgan Anfang des 19. Jahrhunderts. Diese verwandten das Permanenzprinzip formaler Potenzreihen. Tatsächlich erhält Eulers Definition durch den Begriff der analytischen Fortsetzung von Karl Weierstrass einen bestimmten mathematischen Sinn (Faber 1935, S. XIIIff.).

### 3 Die strenge Grundlegung der Differentialgleichung

Der Differentialkalkül wurde wegen fehlender Strenge und verdächtiger Schlussfolgerungen zu Eulers Zeiten kritisiert. Den Grund dafür suchte Euler in der falschen Bestimmung dessen, was unendlich kleine Größen sein sollen. Ausdrücklich gab er zu bedenken: „Wie klein auch immer diese unendlich kleinen Größen aufgefasst werden, kann sich dennoch daraus schließlich ein gewaltiger Fehler ergeben, da nicht nur einzelne, sondern auch viele und sogar unendlich viele zugleich zu vernachlässigen sind“ (Euler 1775, S. 6).

Eulers radikale Lösung dieses Problems war, unendlich kleine Größen oder Differentiale müssen so gedeutet werden, dass sie überhaupt Null oder für Null gleich erachtet werden (Euler 1755, S. 5). „Wer fragt, was ein unendlich kleine Größe ist, dem antworten wir, dass sie in Wahrheit gleich Null ist“. Diese Definition stimme damit überein, dass unendlich Kleines kleiner als jede zuordenbare Größe genannt werde (Euler 1755, S. 69).

Die letzte Bemerkung ist zwingend richtig: Euler musste mit Nullen rechnen, zwischen denen er aber Unterschiede machte. Aus

$$2 \cdot 0 = 1 \cdot 0$$

folgte für ihn  $2 : 1 = 0 : 0$ . Die Richtigkeit der Proportionalität setzte voraus, dass auf der rechten Gleichungsseite die linke Null größer war als die rechte Null sein müsste. Eine widerspruchsfreie Rechnung mit reellen Zahlen war so nicht zu begrün-

den. In seinen Schriften zur Mechanik und Astronomie benötigte Euler unendlich kleine Größen, die ungleich Null waren. Dass man mit modernen Methoden der Nichtstandard-Analysis Eulers Umgang mit unendlich kleinen Größen deuten kann, ändert an diesem Befund nichts. Die richtige Lösung hatte Leibniz in Schriften gegeben, die zu Eulers Zeiten noch unveröffentlicht waren: „unendlich klein“ heißt „kleiner als jede zugeordnete Größe“.

Euler war freilich überzeugt, die Kritiker des Differentialkalküls widerlegt zu haben. Stolz verkündete er (Euler 1755, S. 71): „Deshalb fällt jener Einwand, durch den die Analysis des Unendlichen beschuldigt wird, die geometrische Strenge zu vernachlässigen, von selbst zusammen. Denn es wird nichts anderes vernachlässigt als was in Wahrheit Null ist. Und deshalb kann man zu Recht behaupten, in dieser höheren Wissenschaft wird die höchst geometrische Strenge ebenso sorgfältig beachtet wie sie in den Büchern der Alten anzutreffen ist.“

## IV Zur Musiktheorie

Seit alters her versuchte die Musiktheorie zu klären, welche Zahlen zur Bildung konsonanter Intervalle heranzuziehen waren, wo das Abgrenzungskriterium zwischen Konsonanz und Dissonanz zu suchen war. In einem berühmten Brief an Eulers späteren befreundeten Kollegen Christian Goldbach hatte Gottfried Wilhelm Leibniz 1712 geschrieben: „Wir zählen in der Musik nicht über Fünf hinaus, ähnlich jenen Völkern, die auch in der Arithmetik nicht über Drei fortschritten [...]. Denn alle unsere gebräuchlichen Intervalle gehören zu Verhältnissen, die aus je zwei der Primzahlen 1, 2, 3, 5 gebildet sind. Wenn uns ein wenig mehr Feinfühligkeit gegeben würde, könnten wir bis zur Primzahl 7 voranschreiten“ (Leibniz 1734, S. 240). Euler kannte diesen 1734 erstmals veröffentlichten Brief und kam darauf mehrfach zurück. Er wählte einen völlig neuen, rein mathematischen, zahlentheoretischen Zugang zur Lösung dieses Abgrenzungsproblems. In seinem *Versuch einer Musiktheorie, die auf Grund der sichersten Prinzipien der Harmonie klar dargelegt ist*, erklärte er seine Vorgehensweise (Euler 1739, S. 246): „Aber da es zum einen schwierig ist, die Grenzen der Konsonanzen und Dissonanzen zu bestimmen, zum anderen aber diese Unterscheidung mit unserer Behandlungsweise wenig übereinstimmt, [...] weisen wir allen Klängen, die aus mehreren gleichzeitig erklingenden Tönen bestehen, die Bezeichnung Konsonanz zu“. Mit anderen Worten: Euler hob die traditionelle Unterscheidung zwischen Konsonanzen und Dissonanzen auf.

Dazu definierte er zunächst für jede natürliche Zahl

$$n = p_1^{a_1} p_2^{a_2} \dots p_m^{a_m}$$

einen Annehmlichkeitsgrad (Euler 1739, S. 232f.)



$$G(n) = a_1 (p_1 - 1) + \dots + a_m (p_m - 1) + 1$$

mit  $G(1) = 1$ .

Ist  $n = p$  eine Primzahl, so gilt deshalb

$$G(p) = 1 (p - 1) + 1 = p$$

also Gleichheit. Es ist möglich, dass

$$G(n) = G(m) \text{ für } n \neq m$$

Die Funktion ist nicht injektiv. Als Beispiel diene

$$n = 12 = 2 \cdot 2 \cdot 3 \text{ mit } G(n) = 2 (2 - 1) + 1 (3 - 1) + 1 = 5$$

Intervallen bzw. Mehrklängen ordnete Euler als Konsonanzgrad den Annehmlichkeitsgrad des kleinsten gemeinsamen Vielfachen ihrer Verhältniszahlen zu:

$$G(a:b) = G(\text{kgV}(a, b))$$

Als Beispiele mögen dienen:

die große Terz 4:5 mit  $\text{kgV}(4,5) = 20$  also mit dem Konsonanzgrad

$$G(20) = 2 (2 - 1) + 1 (5 - 1) + 1 = 7$$

der Durdreiklang 4 : 5 : 6 mit  $\text{kgV}(4, 5, 6) = 60$

also mit  $G(60) = 9$

1. Intervalle mit kleineren Gradzahlen sind gefälliger und leichter verwendbar. Freilich führte Eulers Vorgehen auf zwei Probleme.

a) Der Begriff der Konsonanz ließ sich nicht in die Gradeinteilung einpassen (Vogel 1960, S. L), denn zum Beispiel Ganzton 9 : 8, kleine Terz 6 : 5, kleine Sext 8 : 5 bekamen den gleichen Grad 8 zugewiesen.

Der Kritik Hugo Riemanns und Carl Stumpfs stehen zustimmende, tonpsychologische Urteile von Felix Auerbach und Hermann von Helmholtz gegenüber (Vogel 1960, S. LI).

b) Die Verwendung des kleinsten gemeinsamen Vielfachen  $\text{kgV}$  ließ Kürzungen bzw. Erweiterungen der Mehrklänge durch Weglassen oder Einschleichen weiterer Töne zu, die in der musikalischen Praxis unzulässig sind:

Die Akkorde c e gis beziehungsweise 16:20:25 und c gis beziehungsweise 16:25 haben denselben Konsonanzgrad 13, da  $\text{kgV}(16, 20, 25) = \text{kgV}(16, 25)$ .

Entsprechendes gilt von den Akkorden c h, c e h, c g h, c e g h beziehungsweise 8:15, 8:10:15, 8:12:15, 8:10:12:15 mit dem gemeinsamen Grad 10.

Der Akkord g h d f beziehungsweise 36:45:54:64 kann zur C-Dur-Tonleiter g a h c d e f beziehungsweise 36:40:45:48:54:60:64 mit dem gemeinsamen Grad 17 erweitert werden.

Aber nicht nur dissonante Mehrklänge kommen durch das Rechnen mit dem  $\text{kgV}$  ins Spiel. Es werden auch Akkord-Umkehrungen oder Tonverdopplungen nicht berücksichtigt.

2. Der Wert des Systems liegt demgegenüber in zwei Grundannahmen dieser Konsonanzgradberechnung:

a) der Oktavabstufung

Eine Oktave mehr erhöht den Grad um 1:

$$G(2:1) = 2, \quad G(4:1) = 2(2-1) + 1 = 3$$

b) der Primzahleinordnung

Keine Primzahl ist mehr ausgeschlossen, auch die Sieben nicht. Euler trat für die Naturseptime 7:4 ein, um die hohe Konsonanz des Dominantseptimenakkords zu begründen. Erklärte er doch Musikgenuss mit Freude am Lösen eines (mathematischen) Rätsels (Euler 1768–1772, III, 11, S. 23f. [Brief 8]). Unter Bezugnahme auf die zitierte Stelle aus Leibnizens Brief bemerkte deshalb Euler 1766 scherzhaft (Euler 1766b, S. 525): „Alle diese Gründe verpflichten uns anzuerkennen, dass man auf die Primzahl 7 zurückgreifen muss, um den Erfolg dieser Akkorde zu erklären. Daher geht in die Verhältnisse, die die Natur dieser neuen Akkorde ausmachen, außer den Primzahlen 2, 3 und 5 noch die folgende 7 ein. Und mit hin werden wir mit dem verstorbenen Herrn von Leibniz sagen können, dass die Musik gelernt hat, bis zur 7 zu zählen.“

## Epilog

Eulers Glaube an die prinzipielle Lösbarkeit mathematischer Probleme erinnert an Hilberts Optimismus. Gegebenenfalls muss man die Probleme so fassen, dass sie lösbar werden. Wenn er ein Problem nicht lösen konnte, wie die algorithmische Lösung der algebraischen Gleichung höheren als 4. Grades (Thiele 1982, S. 103), wie das himmelsmechanische Dreikörperproblem, so suchte er die Gründe dafür in der unzureichenden Ausarbeitung des betreffenden Zweiges der Mathematik.

Um es mit den Worten Eduard Fueters aus dem Jahre 1941 zu sagen: „Denn wo der mathematische Verstand nicht hinreichte, begann für Euler das Reich Gottes“ (Fellmann 2007, S. 172).

## Literatur

Die Werke Eulers werden nach dem Wiederabdruck in den *Opera omnia* (EO) zitiert, z. B. EO III, 12 = Reihe III, Band 12).

Die Übersetzungen der Zitate stammen, wenn nicht anders angegeben, vom Verfasser.

Breidert, Wolfgang (1983): Leonhard Euler und die Philosophie. In: Leonhard Euler 1707–1783, Beiträge zu Leben und Werk, Gedenkband des Kantons Basel-Stadt, Basel: Birkhäuser, S. 447–457.

- Condorcet, Marie Jean Antoine Nicolas Caritat, Marquis de (1786): Eloge de M. Euler. In: Histoire de l'Académie Royale des Sciences 1783, Paris 1786, S. 37–68 = EO III, 12, S. 287–310.
- Engel, Friedrich & Ludwig Schlesinger (1913): Vorwort der Herausgeber. In: EO I, 11, S. VII–XVIII.
- Euler, Leonhard (1727): Dissertatio de sono, Basel: E. u. J. R. Thurneisen, Brüder = EO III, 1, S. 181–196.
- Euler, Leonhard (1736): Mechanica sive motus scientia analytice exposita. 2 Bände, Petersburg: Academia Scientiarum = EO II, 1 und 2.
- Euler, Leonhard (1739): Tentamen novae theoriae musicae ex certissimis harmoniae principiis dilucide expositae, Petersburg: Academia Scientiarum = EO III, 1, S. 197–427.
- Euler, Leonhard (1740): De summis serierum reciprocarum. In: Commentarii academiae scientiarum Petropolitanae 7 (1734/35), 1740, S. 123–134 = EO I, 14, S. 73–86.
- Euler, Leonhard (1743): De summis serierum reciprocarum ex potestatibus numerorum naturalium ortarum dissertation altera in qua eadem summationes ex fonte maxime diverso derivantur. In: Miscellanea Berolinensia 7, S. 172–192 = EO I, 14, S. 138–155.
- Euler, Leonhard (1744a.): Theoria motuum planetarum et cometarum. Continens methodum facilem ex aliquot observationibus orbitas cum planetarum tum cometarum determinandi. Una cum calculo, quo cometae, qui annis 1680 et 1681 itemque ejus, qui nuper est visus, motus verus investigatur, Berlin: A. Haude = EO II, 28, S. 105–268.
- Euler, Leonhard (1744b.): Methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes, sive solutio problematis isoperimetrici latissimo sensu accepti, Lausanne-Genf: Marcus-Michaelis Bousquet = EO I, S. 24.
- Euler, Leonhard (1745): Neue Grundsätze der Artillerie enthaltend die Bestimmung der Gewalt des Pulvers nebst einer Untersuchung über den Unterschied des Widerstands der Luft in schnellen und langsamen Bewegungen, aus dem Englischen des Hrn. Benjamin Robins übersetzt und mit den nöthigen Erläuterungen und vielen Anmerkungen versehen, Berlin: A. Haude = EO II, S. 14.
- Euler, Leonhard (1746a): Gedanken von den Elementen der Körper, in welchen das Lehr-Gebäude von den einfachen Dingen und Monaden geprüft, und das wahre Wesen der Körper entdeckt wird, Berlin: A. Haude u. Joh. C. Spener = EO III, 2, S. 347–366.
- Euler, Leonhard (1746b.): Enodatio quaestionis utrum materiae facultas cogitandi tribui possit necne ex principiis mechanicis petita. In: Opuscula varii argumenti 1, S. 277–286 = EO III, 2, S. 367–372.
- Euler, Leonhard (1747): Rettung der Göttlichen Offenbarung gegen die Einwürfe der Freygeister, Berlin: A. Haude u. J. C. Spener = EO III, 12, S. 267–372.
- Euler, Leonhard (1748): Introductio in analysin infinitorum, Lausanne: Marcus-Michaelis Bousquet = EO I, S. 8 u. 9.

- Euler, Leonhard (1755): *Institutiones calculi differentialis cum eius usu in analisi finitorum ac doctrina serierum*, Berlin: (Auf Kosten der) Academia Imperialis Scientiarum.
- Euler, Leonhard (1760): *De seriebus divergentibus*. In: *Novi commentarii academiae scientiarum Petropolitanae* 5 (1754/55), 1760, S. 205–237 = EO I, 14, S. 585–617.
- Euler, Leonhard (1766a): *Considerationes de motu corporum coelestium*. In: *Novi commentarii academiae scientiarum Petropolitanae* 10 (1764), 1766, S. 544–558 = EO II, 25, S. 246–257.
- Euler, Leonhard (1766b): *Du véritable caractère de la musique moderne*. In: *Mémoires de l'académie des sciences de Berlin* 20 (1764), 1766, S. 174–199 = EO III, 1, S. 516–539.
- Euler, Leonhard (1767) : *Recherches générales sur la mortalité et la multiplication du genre humain*. In: *Mémoires de l'académie des sciences de Berlin* 16 (1760), 1767, S. 144–164 = EO I, 7, S. 79–100.
- Euler, Leonhard (1768–1772): *Lettres à une princesse d'Allemagne sur divers sujets de physique et de philosophie*, St. Petersburg : Académie Impériale des Sciences = EO III, 11 u. 12.
- Euler, Leonhard (1986): *Briefe an eine deutsche Prinzessin über verschiedene Gegenstände der Physik und Philosophie*. Aus dem Französischen übersetzt. Nachdruck der Ausgabe Leipzig 1769–1773. Eingeleitet und erläutert von Andreas Speiser. Mit einem Vorwort von Karin Reich, Braunschweig: Vieweg.
- Faber, Georg (1935): *Übersicht über die Bände 14, 15, 16, 16\* der ersten Serie*. In: EO I, 16, 2, S. VII–XCVI, CVI–CXII.
- Fellmann, Emil A. (2007): *Leonhard Euler*, translated by Erika Gautschi and Walter Gautschi, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser.
- Finster, Reinhard & Gerd van den Henvel (1990): *Gottfried Wilhelm Leibniz*, Reinbek b. Hamburg: Rowohlt.
- Grattan-Guinness, Ivor (1970): *The development of the foundations of mathematical analysis from Euler to Riemann*, Cambridge/Mass.: MIT Press.
- Hoffmann, Utz (1992): *Naturforscher, Ein Reiseführer zu Denkmälern und Sammlungen in Berlin und Brandenburg*, Berlin: edition q.
- Hofmann, Joseph Ehrenfried (1959): *Um Eulers erste Reihenstudien*. In: *Sammelband der zu Ehren des 250. Geburtstages Leonhard Eulers der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin vorgelegten Abhandlungen*, hrsg. von Kurt Schröder, Berlin: Akademie-Verlag, S. 139–208.
- Kant, Immanuel (1755): *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes nach Newtonischen Grundsätzen abgehandelt*, Königsberg, Leipzig: J. Fr. Petersen. – Ich zitiere den Wiederabdruck in: *Immanuel Kant, Werke in sechs Bänden*, hrsg. von Wilhelm Weischedel, Frankfurt am Main: Insel, 1960, Bd. I, S. 219–396.

- Kant, Immanuel (1784): Beantwortung der Frage: Was ist Aufklärung? In: Berlinische Monatsschrift, Dezember 1784, S. 481–494. – Ich zitiere den Wiederabdruck in: Immanuel Kant, Werke in sechs Bänden, hrsg. von Wilhelm Weischedel, Frankfurt am Main: Insel, 1964, Bd. VI, S. 51–61.
- Knobloch, Eberhard (1995): Das große Spargesetz der Natur: Zur Tragikomödie zwischen Euler, Voltaire und Maupertuis. In: Mitteilungen der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, Heft 3 (1995), S. 14–20.
- Leibniz, Gottfried Wilhelm (1713): Epistola ad V. Cl. Christianum Wolfium, Professorem Matheseos Halensem, circa scientiam infiniti: Acta Eruditorum Suppl. 5, sect. 6, S. 264–270. Wiederabgedruckt in: G. W. Leibniz, Mathematische Schriften hrsg. von C. I. Gerhardt. Bd. V, Halle: H. W. Schmidt, 1858, S. 382–387. (Nachdruck Hildesheim: Olms, 1962).
- Leibniz, Gottfried Wilhelm (1734): Epistolae ad diversos theologici, iuridici, medici, philosophici, mathematici, historici, et philologici argumenti, hrsg. von Christian Kortholt. Bd. 1, Leipzig: B. Chr. Breitkopf.
- Leibniz, Gottfried Wilhelm (1856): Mathematische Schriften, hrsg. v. C. I. Gerhardt. Bd. III, Halle: H. W. Schmidt (Nachdruck Hildesheim: Olms, 1962).
- Polya, Georg (1954): Mathematik und plausible Schliessen. Bd. 1 Induktion und Analogie in der Mathematik. Übersetzt von Lulu Bechtolsheim. 2. Aufl., Basel, Stuttgart: Birkhäuser.
- Schiller, Friedrich (1794): Achter Brief über die ästhetische Erziehung des Menschen in einer Reihe von Briefen. – Ich zitiere den Wiederabdruck in: Friedrich Schiller, Sämtliche Werke, hrsg. von Gerhard Fricke und Herbert G. Göpfert, München: Hanser, 1960: Bd. V, S. 590–592.
- Simmons, George F. (2007): Calculus gems, Brief lives and memorable mathematics. With portraits by Maceo Mitchell, Washington/DC: MAA.
- Simmons, George F. (2007): Calculus gems, Brief lives and memorable Mathematics, Washington/DC: MAA.
- Stäckel, Paul (1907/08): Eine vergessene Abhandlung Leonhard Eulers über die Summe der reziproken Quadrate der natürlichen Zahlen. In: Bibliotheca Mathematica 3. Folge 8, S. 37–54. – Ich zitiere den Wiederabdruck in: EO I, 14, S. 156–176.
- Süssmilch, Johann Peter (1761): Die göttliche Ordnung in den Veränderungen des menschlichen Geschlechts, aus der Geburt, dem Tode und der Fortpflanzung desselben erwiesen. 2. Aufl., Berlin: Verlag des Buchladens der Realschule. – Ich zitiere die in Eulers Opera omnia – Ausgabe abgedruckten Abschnitte: EO I, 7, S. 507–534.
- Szabó, István (1987): Geschichte der mechanischen Prinzipien und ihrer wichtigsten Anwendungen. 3. Aufl., Basel, Boston, Stuttgart: Birkhäuser.
- Thiele, Rüdiger (1982): Leonhard Euler, Leipzig: Teubner.
- Varadarajan, Veeravalli S. (2006): Euler through time: A new look at old themes, Providence: AMS.
- Vogel, Martin (1960): Die Musikschriften Leonhard Eulers. In : EO III, 11, S. XLIV–LX.

# Über das Wirken Leonhard Eulers als Wissensvermittler

## 1 Einleitung

Seit einigen Jahren ist der Begriff „Wissengesellschaft“ zunehmend in Gebrauch gekommen; man schwelgt dabei in Allgemeinplätzen wie Verantwortung hierfür, soziale Gerechtigkeit und anderes mehr. Das Wort wird zerredet und missbraucht, denn obwohl es etwas bezeichnet, was Teil unseres Lebens und wichtig ist, eignet sich der Begriff nicht zur klaren soziologischen Bestimmung von Gesellschaften; er wird zudem durch den vermeintlich aktuellen Bezug verwässert, denn Wissen ist schlechthin immer gesammelt, ist aber auch wieder verloren oder neu geordnet worden.

Es geht letztlich nicht so sehr um das Wissen an sich, sondern um das Erwerben und Vermitteln. Einer der größten Mathematiker, Carl Friedrich Gauß (1777–1855), hat das so ausgedrückt:

Es ist nicht das Wissen, sondern das Lernen,  
nicht das Besitzen, sondern das Erwerben,  
nicht das Da-Sein, sondern das Hinzukommen.<sup>1</sup>

Ein Echo auf die Feststellung des römischen Gelehrten Plinius d. Ä. (23/ 24–79): „Die Natur des Menschen ist begierig nach Neuem.“<sup>2</sup>

Im alten Griechenland kannte man seit dem fünften vorchristlichen Jahrhundert, in der gesellschaftlich orientierten Periode der Philosophie, die Gruppe der Sophisten, deren Lehren sich von der Naturphilosophie lösten und zunehmend den Alltag behandelten, bis hin zur Verklärung der Oberflächlichkeit. Vor dem Hintergrund der Existenzsicherung, also einer bezahlten Lehre, fragte etwa Gorgias von Leontinoi (483–375):

---

<sup>1</sup> Zitiert nach Michling, H.: Gauß, Göttingen 1976, S. 135.

<sup>2</sup> Est natura hominum novitatis avida, (Naturalis historia, Buch xii, 11).

Gibt es überhaupt etwas?

Und wenn es etwas gibt, kann ich es dann erkennen?

Und wenn es etwas gibt, und ich kann es erkennen, kann ich es dann mitteilen?<sup>3</sup>

Die hier rhetorisch gestellte Frage des Mitteilens ist aber schlechterdings von Interesse. Ein Medienhistoriker unserer Tage formuliert den Wandel der heutigen der Kommunikation wie folgt:

Die Prämierung zeit-, personen- und raumunabhängiger (objektiver) Wahrheiten, die für die Buchkultur sinnvoll war, wird zugunsten funktional angemessener Informationen, themen-, personen- und/oder professionsbezogenen, pragmatischen Wissens zurückgefahren. Der Geltungsbereich von Aussagen kann eingeschränkt werden. Allgemeingültigkeit ist nicht mehr oberstes Ziel. Die geeignete Form für die Speicherung und Kommunikation dieser Wissensmoleküle sind mehrdimensionale Datenbanken.<sup>4</sup>

Diese kleine Einleitung sollte Ihnen die historische Seite des Sich-Mitteilens, des Kommunizierens, vor Augen führen.

## 2 Leonhard Euler

Unser Thema ist Leonhard Euler, jener Schweizer Gelehrte, der ein Vierteljahrhundert hier in Berlin an dieser Akademie verbrachte. Die Zeit ist die Aufklärung, also das 18. Jahrhundert, dem Euler ganz angehört (Abb. 1).

In einem Artikel im Jahre 1783, also im Todesjahr Eulers, verlangte der Berliner Pfarrer Johannes Zöllner (1753–1804) zunächst erst einmal eine Antwort auf die Frage, was Aufklärung sei, ehe man aufzuklären beginne.<sup>5</sup> Die Antworten ließen nicht lange auf sich warten, darunter waren als bekannteste die des Berliner Philosophen Moses Mendelssohn (1729–1786) und die des Königsberger Philosophen Immanuel Kant (1724–1804).<sup>6</sup> Letzterer prägte den Leitspruch der Aufklärung und

---

<sup>3</sup> Rhetoriker und einflussreicher Gesandter seiner Vaterstadt in Athen, der sich zeitweilig auch als Philosoph versuchte. Zitiert nach Gomperz, H.: *Sophistik und Rhetorik*, Leipzig: Teubner 1912, S. 18.

<sup>4</sup> Giesecke, M.: *Die Entdeckung der kommunikativen Welt*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2007. Giesecke ist Medienhistoriker sowie -theoretiker, 1949 geboren.

<sup>5</sup> *Berlinische Monatsschrift*, Dezemberheft 1783, S. 516.

<sup>6</sup> Mendelssohn, M.: *Über die Frage: was heißt aufklären?* In: *Berlinische Monatsschrift* 4 (1784), S. 193–200; Kant, I.: *Beantwortung der Frage: Was ist Aufklärung?* In: *Berlinische Monatsschrift* 4 (1784), S. 481–494.



Abbildung 1  
Altersbild Leonhard Eulers, das nach Aussagen von Zeitgenossen eine große Ähnlichkeit aufweist. Stich von Samuel Küttner nach dem Gemälde von Joseph Friedrich Darbes (d'Arbès) aus dem Jahre 1778. (Archiv des Verfassers)

übersetzte dazu das Horazische „Sapere aude“<sup>7</sup> mit „Habe Mut, dich deines eigenen Verstandes zu bedienen!“<sup>8</sup>

Stellen wir noch schnell zwei weitere berühmte Zeitgenossen Euler zur Seite, um die Breite der Aufklärung anzudeuten: den nur wenige Tage als Euler jüngeren Carl von Linné (1707–1778), der die Pflanzenwelt systematisierte und damit eine wissenschaftliche Botanik schuf und der wie Euler, Wissen und Glauben zu verbinden vermochte, sowie den Schriftsteller Adolf Freiherr von Knigge (1752–1796) mit seinem bekannten Erziehungsbuch *Über den Umgang mit Menschen* (1788).

*Worüber und wie* konnte sich Leonhard Euler mitteilen? (Abb. 2)

Von der Mathematik des 18. Jahrhunderts zu sprechen, heißt vor allem von Leonhard Euler zu sprechen. Im vergangenen Jahrhundert hat der amerikanische Mathematiker, Physiker und Mathematikhistoriker Clifford Truesdell (1919–2000) geschätzt, dass Euler etwa ein Drittel der mathematischen Arbeiten des 18. Jahrhunderts (was auch das heute als mathematische Physik bezeichnete Gebiet einbezieht) geschrieben hat; der Mathematiker und Wissenschaftshistoriker Hermann Hankel (1839–1873) hat im

<sup>7</sup> Wage zu wissen! (Horaz, Episteln I, 2, 40).

<sup>8</sup> Wie Anm. 6, S. 481.



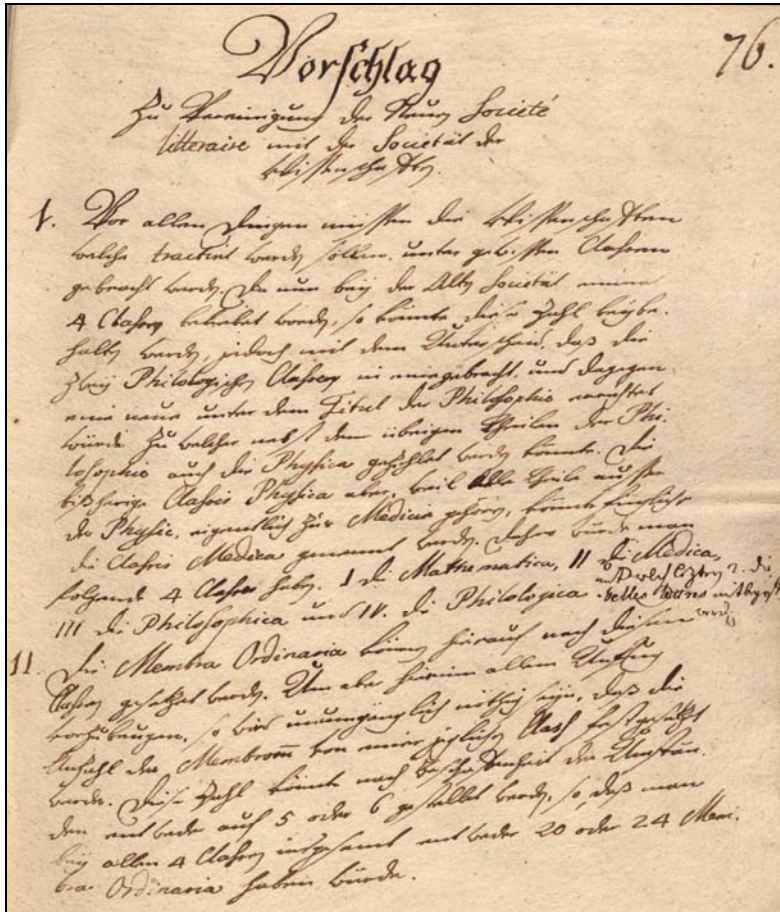


Abbildung 2  
Vorschlag Eulers vom November 1743, die wissenschaftlichen Gesellschaften in Berlin (die Nouvelle Société Littéraire und die Societé der Wissenschaften) zu vereinigen, d. h. die Gründung der Königlichen Akademie der Wissenschaften voran zu bringen (Eröffnungssitzung 1744); 1746 Umbenennung in Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres. (Archiv der BBAW, Inv. Nr. I-I-5, Bl. 76)

19. Jahrhundert hervorgehoben, dass es Leonhard Euler war, der um die Mitte des 18. Jahrhunderts das naturwissenschaftliche Bewusstsein am besten verkörperte. Es wäre aber zu ergänzen, dass sich Euler auch intensiv um technische Fragen, geografische Karten, musikalische Theorien sowie Philosophie und Theologie gekümmert hat, worauf wir noch eingehen werden.<sup>9</sup> (Abb. 3)

<sup>9</sup> Diese Seite Eulers wird ausführlich im Begleitband zur Euler-Ausstellung in Braunschweig 2007 dargelegt, Landesmuseum Braunschweig (im Druck).

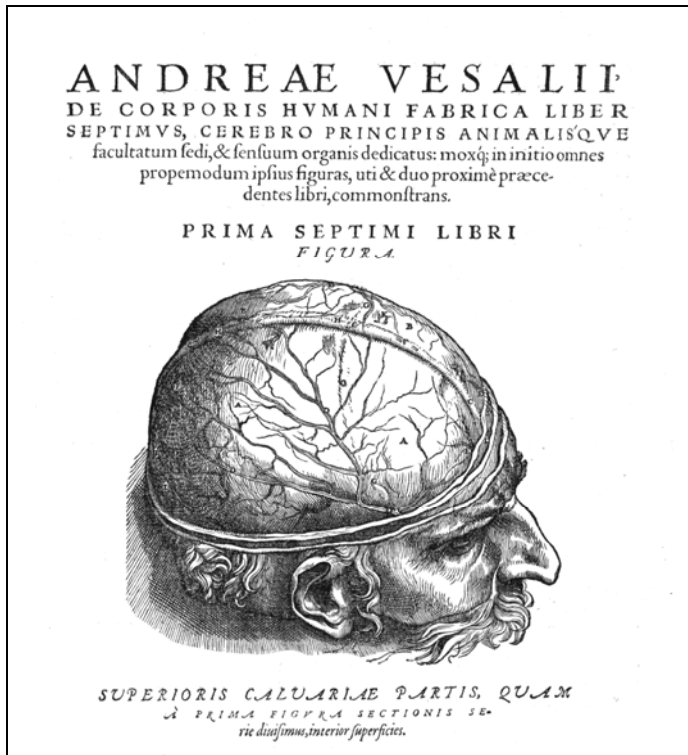


Abbildung 3

Zeichnung aus dem anatomischen Atlas *De humani corporis fabrica* (Basel 1555) des Andreas Vesalius. (Universitätsbibliothek Leipzig, Handschriftenabteilung)

Wie konnte Euler wirken? Im wesentlichen erreichte er sein „Publikum“ durch drei Mittel:

- das gesprochene Wort,
- das geschriebene Wort und
- das gedruckte Wort.

Bildliche Darstellungen spielten in den exakten Wissenschaften keine so dominierende Rolle wie etwa ein anatomischer Atlas in der Medizin; als Ausnahmen können jedoch die „Generalkarte des Russischen Reiches“ oder der „Geographische Atlas“ dienen, an deren Herausgabe Euler maßgeblich beteiligt war.<sup>10</sup> (Abb. 4–7)

<sup>10</sup> Zur russischen Karte siehe Hintzsche, W. & Th. Nickol (Hg.): Die große Nordische Expedition, Gotha: Perthes 1996, S. 129–131; „Geographischer Atlas“, Berlin 1753 und 1760, Vorwort (E 205) von Euler in *Opera omnia Euleri*, ser. III, vol. 2.



Abbildung 4  
 Weltkarte aus dem *Geographischen Atlas*, den Euler im Auftrag der Berliner Akademie im Jahre 1753 herausgegeben hat. Der Atlas enthielt „41 Land=Charten, worauf alle Theile des Erd=Creyses vorgestellt werden“. Die Karten waren auch einzeln erhältlich, beispielsweise kostete die Landkarte des Stillen Ozeans 2 Gr. (Archiv der BBAW, Inv. Nr. I-VII-39, Bl. 47)

Das *gesprochene Wort* ist natürlich unwiederbringlich verloren;<sup>11</sup> gelegentlich findet sich jedoch noch ein Widerschein in gewissen schriftlichen Aufzeichnungen wie Berichte von Besuchern über Gespräche mit Euler, Akademieprotokolle über Sit-

<sup>11</sup> Gegenüber dem 18. Jahrhundert hat die technische Entwicklung inzwischen auch das gesprochene Wort bewahrt. Viele bedeutende wissenschaftliche Vorträge sind auf Tonträgern erhalten worden und zugänglich (beispielsweise beim Label *supposé* in Köln); exemplarisch sind die Mitschnitte der berühmten Feynman Lectures.

Bern 8. Aug. 1753. 53.

Ich der Königl. Academie der Wissenschaften in  
 Bern ein Geographisches Atlas insonderheit zum Gebrauch der  
 Schulen <sup>und</sup> ordinaire folio format beschicket worden.  
 In jedem Buchstabe in 41 Charten nach einem Titel und  
 Sonstigen Vorrede zu sehen illustriert bey dem Factoren der  
 Königl. Academie für 3 Rthl. 12 ggl. verkauft wird.  
 Ein jedes Stück auf sich selbst einzeln für 2 ggl.  
 zu haben.

---

Wegen der Publication in den Hände und Specimen  
 zu sehen habe ich die Hl. Ober-Commissarius mit mir complete  
 Exemplaria dafür zu geben. Damit Hl. Reichs und die Academie  
 mir Dankung machen kann.

L. Euler.

Von 8. Aug. 1753. beschr.

Abbildung 5  
 Von Leonhard Euler im August 1753 eigenhändig verfasster Text einer Zeitungsanzeige für den *Geographischen Atlas*, die an den Kommissionär David Köhler geschickt wurde und auf den Gebrauch des Atlas für die Schulen hinwies. (Archiv der BBAW, Inv. Nr. I-VII-37, Bl. 53)

158.

Geographischer Atlas  
 in 44 Karten  
 worauf alle Theile des Erdkreises beschriben sind,  
 auf Befehl der Königl. Academie der Wissenschafft  
 nach dem besten Geographischen Verstande  
 bescrieben  
 und sind bey dieser Gelegenheit der Jugend  
 in dem besten Verstande gegeben

---

Vorbericht

Die Königl. Academie der Wissenschafft hat diesen Atlas  
 auf Befehl d. Königl. Majestät setzen lassen, und da  
 der selbe schon längst zum Gebrauch der Schülern bestimmet  
 wurde, so schien diese nöthige Schritte zu thun, die  
 der Absicht entgegen zu seyn als die geographische, was dieses  
 an die Spitze der Karten abging, nicht die Kunst  
 der selben zu verwechseln. Man weiß, dass alle geographische  
 Theile des Erdkreises durch die Kunst der Karten  
 die besten Karten, so bisher bekannt gemacht worden, zu  
 Grunde gelegt, und nach demselben die gegenwärtigen, sorgfältig  
 bescrieben haben, wo man nicht bey dieser Gelegenheit auf  
 einigen in Abrede gezogen. Da aber in dem vorliegenden  
 geographischen Atlas, so eben erst beschriben worden,  
 bereits man einige Theile der Karte, welche schon  
 so sehr man sich nicht zu beschreiben, kann man  
 von diesen Karten ab, so nach andern sind abgeschrieben  
 worden, und sind Mängel gründliche Quellen davon  
 andern, so man nicht zu beschreiben, kann man  
 von diesen Karten ab, so nach andern sind abgeschrieben  
 worden, und sind Mängel gründliche Quellen davon  
 andern, so man nicht zu beschreiben, kann man

37-6.

Abbildung 6  
 Manuskript des Vorberichts von Leonhard Euler zur zweiten Auflage des Geographischen Atlas aus dem Jahre 1760. Das Manuskript ist das der ersten Auflage, wobei durch Euler geringfügige Änderungen vorgenommen wurden; der Atlas selbst wurde auf 44 Karten erweitert. (Archiv der BBAW, Inv. Nr. I-VII-37, Bl. 158)

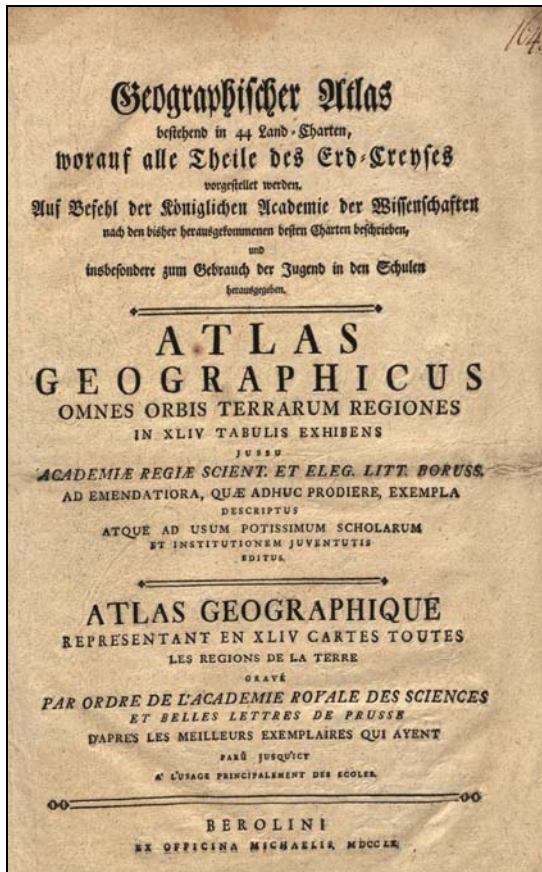


Abbildung 7  
 Titelblatt der erweiterten zweiten Auf-  
 lage des *Geographischen Atlas* aus dem  
 Jahre 1760.  
 (Archiv der BBAW, Inv. Nr. I-VII-39, Bl. 164)

zungen mit Äußerungen von Euler, Mitschriften von Vorträgen oder Aufzeichnungen für Vorträge.<sup>12</sup>

Euler hat nie Vorlesungen gehalten oder unterrichtet, wenn man von den anfänglichen Verpflichtungen als Adjunkt an dem der Petersburger Akademie angeschlossenen Gymnasium beziehungsweise dem Kadettenkorps absieht, sondern lediglich in den Petersburger beziehungsweise Berliner Akademiesitzungen vorgetragen, aber das sehr regelmäßig. Von Eulers Gesprächen sagte Friedrich II. (1712–1786),

<sup>12</sup> Beispielsweise Bürja, A.: *Observations d'un voyage sur la Russie ...*, Berlin 1785 und 1787; Winter, E. (Hg.): *Die Registres der Berliner Akademie der Wissenschaften, 1746–1766*, Berlin: Akademie-Verlag 1957; Knobloch, W. (Hg.): *Leonhard Eulers Wirken an der Berliner Akademie der Wissenschaften, 1741–1766. Spezialinventar*. Berlin: Akademie-Verlag 1984.

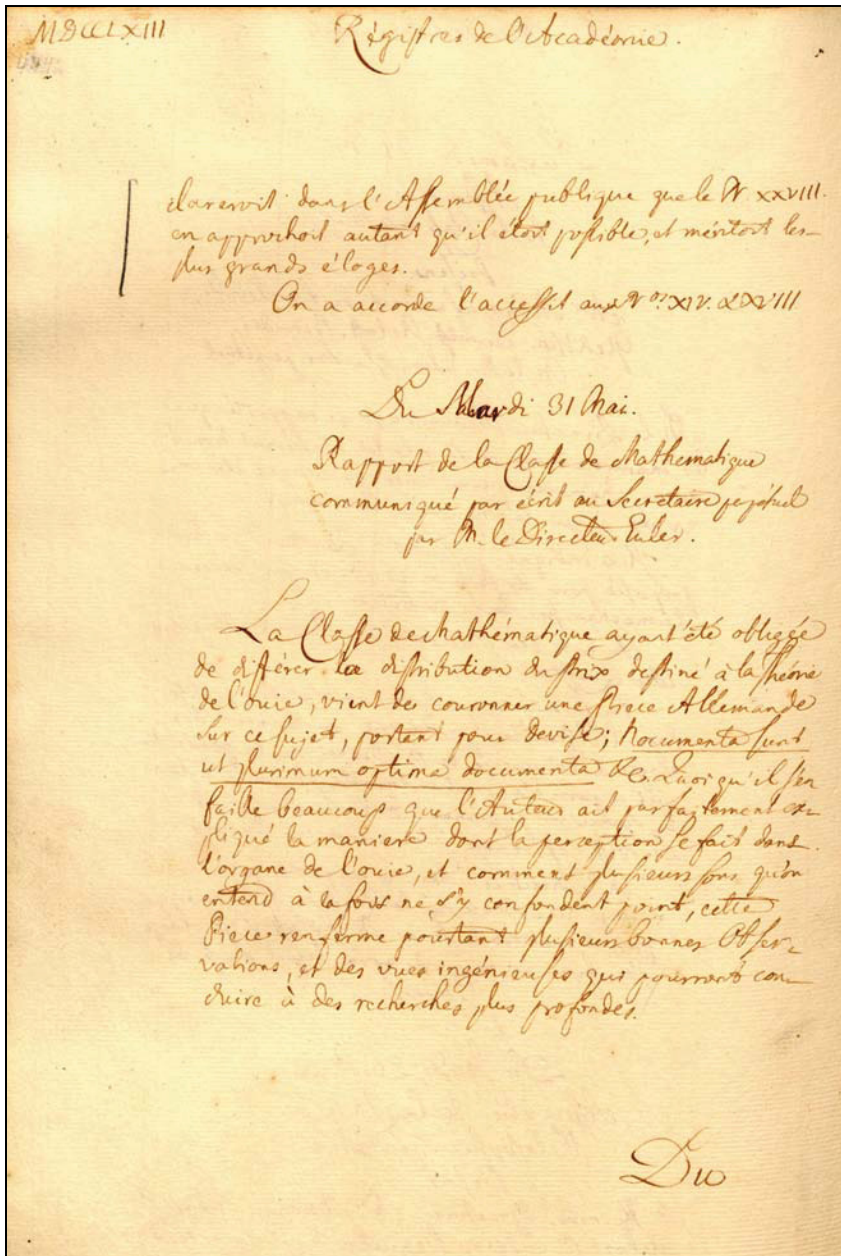


Abbildung 8  
Akademieprotokoll aus den „Registres de l'Académie“ vom 31. Mai 1763; der Euler-Abend fand auf den Tag genau 244 Jahre später statt. Euler berichtet hier, welche Arbeit die Mitglieder der Mathematischen Klasse für die ausgeschriebene Preisaufgabe über das Gehör gekrönt haben. (Archiv der BBAW, Inv. Nr. I-IV-31, Bl. 222v)

dass sie wenig entzücken, aber der König hatte wenig Interesse für mathematische Fragen, und Euler wiederum liebte eine „schöngeistig“ geführte Unterhaltung im Sinne Friedrichs nicht.

Das gesprochene Wort ist die unmittelbarste Form des Sich-Austauschens, und als solche wichtig. Kein Geringerer als David Hilbert (1862–1943) hat in seine „Mathematischen Notizhefte“ geschrieben: „Die Wissenschaft wird auch mündlich übertragen, nur aus Büchern ist unfruchtbar – so etwa.“<sup>13</sup> (Abb. 8)

Das *geschriebene Wort* ist häufig eine Vorbereitung des gedruckten Wortes in Arbeiten, Büchern oder ähnlichem gewesen. Die Grenze lässt sich nicht klar ziehen, da bereits die Zeitgenossen beispielsweise an Briefausgaben interessiert waren. Das bekannteste Beispiel ist der unvergleichbare Bucherfolg der *Lettres à une Princesse d'Allemagne* (E 343, 344, 417)<sup>14</sup>, auch der Briefwechsel von bedeutenden Mathematikern des 18. Jahrhunderts wurde bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts ediert.<sup>15</sup> Zunächst waren jedoch Briefe, Notizbücher oder Vortragskonzept interne Materialien, während amtliche Schreiben und handschriftliche Gutachten für technische Projekte wie etwa für das Salzbergwerk in Schönebeck, den Finowkanal, die Fontänen in Sanssouci etc. über diese private Sphäre hinausreichten. Von solchen Gutachten sind im Berliner Akademiearchiv etwa zehn aufbewahrt. (Abb. 9a und 9b)

Alles in allem hatte Leonhard Euler fast 300 Korrespondenten, und aus diesem Briefwechsel sind rund 3.000 Schreiben erhalten; hinzu kommt noch der amtliche Briefwechsel, in Berlin sind das etwa 2.000 Schreiben von und an Euler bzw. solche, die ihm vorgelegt wurden. Euler hat wöchentlich wenigstens einen Brief in die Post gegeben.

Der Briefwechsel war seinerzeit sehr effektiv, da die Probleme gezielt entsprechenden Fachleuten vorgetragen wurden und auch der Postweg erstaunlich schnell war. Ein Musterbeispiel für den Briefwechsel ist jener mit Christian Goldbach (1690–1764), der außerhalb der *Opera omnia* von der Berliner Akademie 1965 sehr sorgfältig kommentiert herausgegeben worden ist<sup>16</sup> und der übrigens das bekannte Goldbachsche Problem enthält.

---

<sup>13</sup> Hilbert, D.: Notizhefte, Cod. Ms. D. Hilbert 600:2, S. 99. Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, Handschriftenabteilung.

<sup>14</sup> 1768; russische (1768), deutsche (1769), holländische (1785), schwedische (1786), italienische (1787), dänische (1792), englische (1795), spanische (1798) Übersetzungen; E verweist auf das Eneström-Verzeichnis, siehe Anm. 17.

<sup>15</sup> *Correspondance mathématique et physique de quelques célèbres géomètres du XVIII siècle*, St.-Petersbourg 1843.

<sup>16</sup> Juschkewitsch, A. P. & E. Winter (Hg.): Leonhard Euler und Christian Goldbach. Briefwechsel 1729-1764, Berlin: Akademie-Verlag 1965.



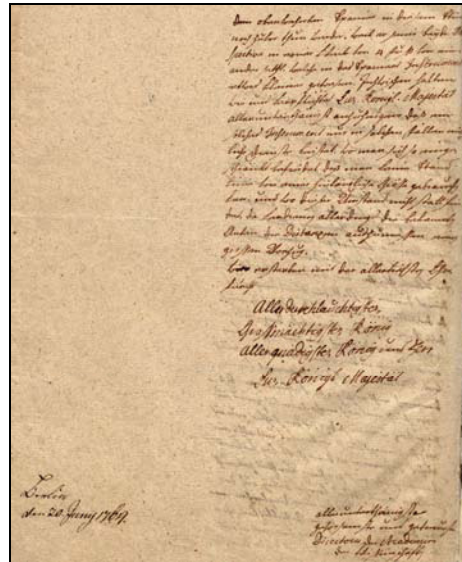
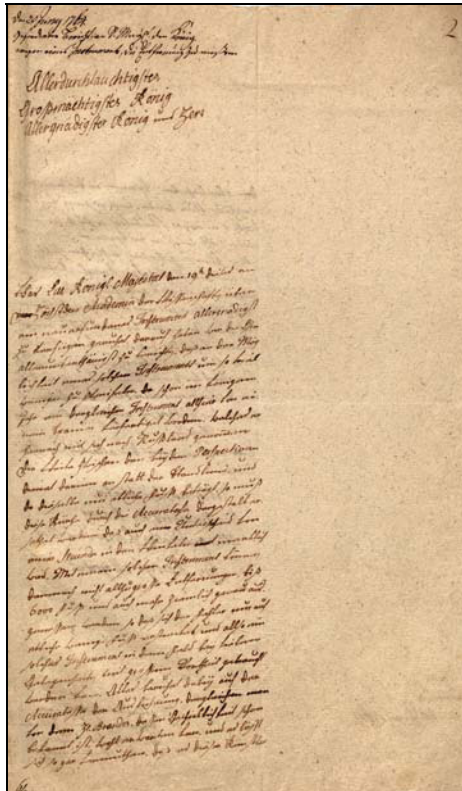


Abbildung 9a und 9b  
Zweiseitiges Konzept eines Gutachtens Leonhard Eulers vom 20. Juni 1764 über ein von Georg Friedrich Brand erfundenes dioptrisches Instrument zum Messen von Entfernungen. Friedrich II. interessierte sich insbesondere für Fernrohre, und Euler hatte dem König auch Fernrohre überreicht. (Archiv der BBAW, Inv. Nr. I-V-34, Bl. 2r und v)

Das *gedruckte Wort* füllt vor allem die Petersburger und Berliner Akademiejournalle sowie ca. 20 Bücher. Insbesondere die frühen Jahrgänge der Petersburger *Commentarii* enthalten als mathematischen Arbeiten fast nur Beiträge Eulers. Die zwölf Pariser Akademiepreise sind natürlich in den Pariser Preisschriften „Recueil des piéces qui ont remporté les prix de l’académie royale des sciences“ veröffentlicht worden. Euler hat sich nicht geschaut, auch elementare Bücher wie eine *Rechenkunst* (1738–1740) (E 17, 35) für russische Gymnasien, die bereits erwähnten *Lettres* (1768) (E 343, 344, 417) sowie eine *Vollständige Anleitung zur Algebra* (1770) (E 387, 388) zu verfassen, die letzte Schrift hat der erblindete Euler einem Gehilfen diktirt. In den Jahren der Blindheit war Euler in Petersburg von einem Kreis junger Wissenschaftler umgeben, die seine Überlegungen niederschrieben und ausgearbeitet zur Verbesserung vorlegten; über 400 Schriften und ca. sechs (teilweise mehrbändige) Bücher entstanden so, darunter auch eine dreibändige „Dioptrica“ (Optik, 1769; E 367, 386, 404). (Abb. 10)

Das Versprechen, genügend mathematische Manuskripte zu hinterlassen, so dass die Petersburger Akademie noch Jahrzehnte drucken könne, hat Euler eingelöst. Sein

# INDEX COMMENTARIORVM.

## IN CLASSE MATHEMATICA.

- Georg. Wolffg. Krafft* de Caustica Cycloidis. p. 3.  
*Eiusdem* de Numeris perfectis. p. 7.  
*Iob. Bernoulli* de motu Corporum se inuicem percutientium. p. 15.  
*Georg. Wolffg. Krafft* Enucleatio Problematis Astronomici a *Clar. De L'Isle* propositi. p. 36.  
*Eiusdem* Observaciones Arithmeticae de septenario. p. 41.  
*Leonb. Euleri* Solutio Problematis Arithmetici de inueniendo numero, qui per datos numeros diuisus, relinquat data residua. p. 46.  
*Eiusdem* de motu Planetarum et Orbitalium determinatione. p. 67.  
*Eiusdem* Determinatio Orbitae Solaris. p. 86.  
*Eiusdem* Solutio Problematum quorundam Astronomicorum. p. 97.  
*Eiusdem* de minimis Oscillationibus corporum tam rigidorum quam flexibilium, methodus noua et facilis. p. 99.  
*Eiusdem* de summis serierum reciprocarum. p. 123.  
*Eiusdem* de linea celerrimi descensus in medio quocunque resistente. p. 135.  
*Eiusdem* de progressionibus harmonicis obseruationes. p. 150.  
*Dan. Bernoulli* Demonstrationes Theorematum suorum de oscillationibus corporum filo flexili connexorum et catenae verticaliter suspensae. p. 162.

*Leonb.*

Abbildung 10

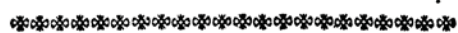
Inhaltsverzeichnis der Beiträge der mathematischen Klasse des siebenten Bandes der Petersburger Commentarii für das Jahr 1734 (gedruckt 1740), in denen der 27jährige Euler - wie auch später - die meisten mathematischen Beiträge verfasst hat. (Deutsche Akademie der Naturforscher, Leopoldina, Halle)

Werkverzeichnis, das der schwedische Mathematikhistoriker Gustav Eneström (1852–1923) aufgestellt hat, umfasst 866 Titel.<sup>17</sup> Die *Leonhardi Euleri Opera omnia* umfassen gegenwärtig 76 Bände (78 Buchbinderbände), also bezogen auf Eulers Lebensspanne genau einen Band pro Lebensjahr, mit insgesamt rund 25.000 Quartseiten; sie sind für 8.645 Euro zu haben.<sup>18</sup> (Abb. 11 und 12)

<sup>17</sup> Verzeichnis der Schriften Leonhard Eulers. Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, Ergänzungsband IV (3 Teile), Leipzig: Teubner 1910–1913.

<sup>18</sup> Seit 1911, Leipzig-Berlin, später Zürich und Basel; in 4 Reihen.





III.  
Coniectura Physica  
circa  
Propagationem Soni ac Luminis,

vna cum aliis

Dissertationibus analyticis.

Auctore Leonh. Eulero.

Berol. 1750. 4to. 22 Bogen. 1 Kupfert.



ieses ist der zweite Theil von den kleinen Schriften Hrn. Eulers. Nichts ist billiger als die Anzeige desselben, da wir des ersten Theils Erwähnung gethan, zu welchem sich hier in einem oder andern Stücke Zusätze finden.

Die erste Schrift ist eine physische Muthmaßung von der Fortpflanzung des Schalles und des Lichts. Es giebt eine Menge Wahrheiten, die sich ohne großen Wachsthum der Analysis nicht vollkommen abhandeln lassen. So ist die theoretische Sternkunde beschaffen, wenn man z. B. die Ungleichheiten in der Bewegung des Mondes bestimmen will. Doch sind einige Fragen vorhanden, die aus Mangel einer genugsamen Erkenntniß der Mechanik nicht gehörig können entwickelt werden. Dieses findet sich bey dem Umlauf dichter Körper um ihre Achse, insbesondere aber bey der geschwinden Bewegung flüssiger Körper. Hieher gehört der Schall, welcher in der Luft fortgepflanzt wird. Newton und andere nach ihm, haben untersucht, auf was für eine Art dieses geschehe, und Hr. Euler hat gezeigt,

Abbildung 12

Die Rezension Kästners erschien in dem Hamburgischen Magazin, 8. Bd., 1. St. (1751), S. 271–277. (Niedersächsische Landes- und Universitätsbibliothek Göttingen, historische Bibliothek)

Was war nun für Euler *Mathematik*?

Acht Jahrzehnte, also fast ein Jahrhundert nach Ozanams Bestimmung, beschrieb 1770 der 63jährige Euler in der *Vollständigen Anleitung zur Algebra* gleich eingangs eine *Größe* als der Vermehrung und Verminderung fähig (Kap. 1, § 1). Auch der Gedanke des Messens ist zentral, da Euler anschließend anmerkt:

Es giebt sehr viele verschiedene Arten von Größen, welche sich nicht wohl aufzählen lassen; und daher entstehen die verschiedenen Theile der Mathematik, deren jeder mit einer besonderen Art von Größen beschäftigt ist. Die Mathematik ist überhaupt nichts anders, als eine Wissenschaft, welche Mittel ausfindig macht, wie man letztere ausmessen kann. (Kap. 1, § 2).

Er fährt fort, dass

also der Grund aller mathematischen Wissenschaften darin gesetzt werden muß, daß man die Lehre von den Zahlen, und alle Rechnungsarten, die dabei

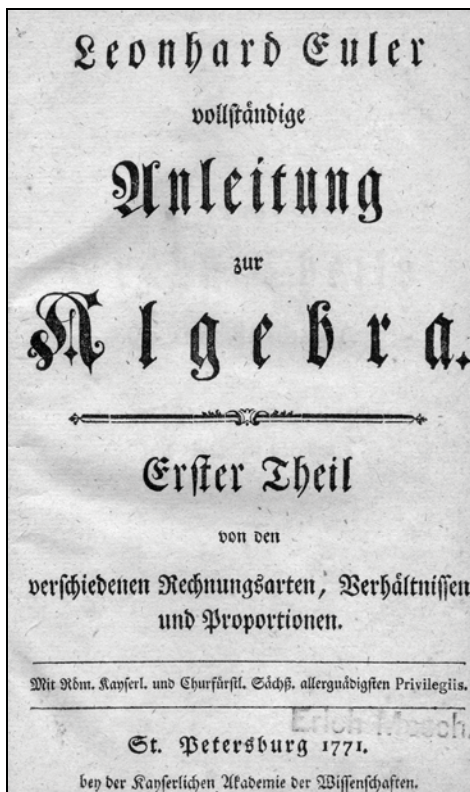


Abbildung 13  
 Titelblatt von Eulers *Vollständigen Anleitung zur Algebra* (hier die 2. Aufl.), die erstmals 1770 in St. Petersburg erschienen ist. Eulers Gehilfe Nikolaus Fuß berichtet in seiner im Jahre 1783 an der Petersburger Akademie gehaltenen „Eloge auf Leonhard Euler“, dass von Euler das Manuskript der „Anleitung“ erst dann als druckreif betrachtet wurde, wenn ein Schneidergeselle, der sich unter den von Euler aus Berlin nach St. Petersburg mitgebrachten Bediensteten befand, den Text vollständig verstanden hatte. (Sudhoff-Institut der Universität Leipzig)

vorkommen können, genau in Erwägung ziehe, und vollständig behandle. Dieser Grundtheil der Mathematik wird Analytik oder Algebra genannt. (Kap. 1, § 5)

In der Analytik werden also Zahlen allein betrachtet durch welche Größen angegeben werden, ohne daß man sich um die besondere Art der Größen bekümmert, was in den übrigen Theilen der Mathematik geschieht. (Kap. 1, § 6) (Abb. 13)

Damit ist Euler zu seinem Thema vorgestoßen, in dem „die Analytik auf allgemeine Art alles dasjenige in sich [begreift], was bei den Zahlen [wie etwa den Brüchen] und der Berechnung derselben vorkommen mag“ (Kap. 1, § 7). Obwohl sich beispielsweise *Irrationalzahlen* nicht durch Brüche darstellen, aber annähern lassen, so haben „wir doch einen *deutlichen Begriff* von der Größe derselben“ (Kap. 12, § 129), und ebenso stellen sich *imaginäre Zahlen* „unserem Verstande vor, und finden in unserer Einbildung Platz“, sodass Euler folgert „und dieser Begriff ist ausreichend, um diese Zahlen dem Verfahren der Rechnung zu unterwerfen“ (Kap. 12, § 145).

Die Rolle, die Euler der *Rechenhaftigkeit* zumisst, zeigt sein algorithmisch-analytisches Denken und strukturelles Auffassen, denn über eine geometrische Veranschaulichung imaginärer Größen verfügte Euler nicht, wie seine Bemerkung über den Abstand reeller und komplexer Zahlen klar zeigt: „dahingegen bei imaginären Ausdrücken [...] keine Näherung stattfindet [wie bei den irrationalen Zahlen], indem 100 davon ebenso weit entfernt ist wie 1 oder irgendeine Zahl“. Imaginäre Größen sind übrigens auch als Argumente von Funktionen zulässig, was deutlich auf den formalen Charakter von Eulers Funktionsbegriff hinweist; Funktionen haben ihre geometrische Herkunft (Konstruktion) völlig verloren, worauf wir noch zurückkommen! Vergleichen wir jedoch noch Eulers Auffassung der Rechenhaftigkeit mit Bemerkungen über die fortschreitende Abstraktion derselben in einem Jahrhundertbuch, in der *Algebra* (1931) von Bartel Leendert van der Waerden (1903–1996). Der Anfang des Kapitels „Ringe und Körper“ beginnt so:

Die Größen, mit denen man in der Algebra und Arithmetik operiert, sind von verschiedener Natur; bald sind es die ganzen, bald die rationalen, die reellen, die komplexen, die algebraischen Zahlen; die Polynome oder ganzen rationalen Funktionen von  $n$  Veränderlichen usw. Wir werden später noch Größen von ganz anderer Natur: hyperkomplexe Zahlen, Restklassen u. dgl., kennenlernen, mit denen man ganz oder fast ganz wie mit Zahlen rechnen kann. Es ist daher wünschenswert, alle diese Größenbereiche unter einen gemeinsamen Begriff zu bringen und diese Rechengesetze in diesen Bereichen allgemein zu untersuchen.<sup>19</sup>

Einfache Zahlgrößen sind natürliche und ganze Zahlen. Probleme mit solchen Zahlen wurden in der Neuzeit insbesondere von Pierre Fermat (1601–1665) behandelt, aber ohne Beweise für die behaupteten Aussagen zu liefern. Euler war es, der viele dieser Fermatschen Aussagen bewies oder widerlegte. Die Zahlentheorie ist bei Euler kein Basler Erbe, sondern sie bildete sich in Petersburg im Diskurs mit Christian Goldbach heraus. Eulers größte (empirische) Entdeckung in der Teilbarkeitstheorie war das *quadratische Reziprozitätsgesetz*, für welches er jedoch keinen Beweis fand. Später durchlief Carl Friedrich Gauß den von Euler in der Zahlentheorie beschrittenen Weg, aber schneller, und war es Gauß, dem im Jahre 1801 schließlich der vollständige Beweis des Reziprozitätsgesetzes gelang (siehe Abbildung 19). Die Fragestellung ist in erweiterter Form noch immer aktuell: David Hilbert und Emil Artin (1898–1962) waren zwei derjenigen Mathematiker, die dieses Gesetz auf allgemeinere quadratische Zahlkörper ausdehnten.

---

<sup>19</sup> Berlin: Springer 1931, Nachauflagen bis heute.

Zurück zum Begriff der Rechenhaftigkeit in Eulers Denken! Gegenstand der Mathematik war alles, was sich den Regeln des Rechnens unterwerfen lässt. Die Wirksamkeit des *infinitesimalen Denkens*, wie es im neu geschaffenen Calculus (Leibniz, Newton) zur Geltung kam, beruhte besonders in der Abkehr vom bisher vorherrschenden geometrischen Denken und dem an seine Stelle tretenden *Rechnerischen*. Dieses Rechnerische durchdrang nicht nur die Ausgestaltung der Analysis, sondern erweiterte deren Bereich explosionsartig: neben die bereits eingeführten unendlichen Reihen traten gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen, die Variationsrechnung und die Differentialgeometrie; die Anwendungen reichten von der Mechanik bis in die Astronomie sowie in viele praktische Probleme wie die der Kartographie, des Schiffsbaus oder des Maschinenbaus. Auf der Euler-Feier der Berliner Mathematischen Gesellschaft vor 100 Jahren hielt Adolf Kneser (1862–1930) einen Vortrag „Euler und die Variationsrechnung“, in dem er bemerkte:

... daß der Fortschritt der Wissenschaft darauf beruht, daß der Algorithmus an Stelle der gegenständlichen [geometrischen] Betrachtung tritt; nicht weil es uns Freude macht, das Denken durch mechanisches Rechnen zu ersetzen, sondern unter dem Drange einer bitteren Notwendigkeit. ... Denn hat man ... ein für alle Mal den Sinn der Operation ergründet, so wird der sinnliche Anblick des [Rechen]Zeichens das ganze Rasonnement ersetzen, das man früher bei jeder Gelegenheit wieder von vorn anfangen mußte.<sup>20</sup>

Eine herausragende Gestalt in dieser Entwicklung war Leonhard Euler, der einen neuen *Funktionsbegriff* in das Zentrum des Calculus gestellt hatte, und es war dieses Herzstück, das letztlich die neue Disziplin Analysis konstituierte und nebenbei Euler den Beinamen „fleischgewordene Analysis“ (l’analyse incarnée, Dominique Arago [1786–1853]) bescherte. Eulers *Analysis-Trilogie*, bestehend aus der zweibändigen *Introductio in anlysin infinitorum* (1748, E 101, 102), den gleichfalls zweibändigen *Institutiones calculi differentialis* (1755, E 212) sowie den dreibändigen *Institutiones calculi integralis* (1768–1770, E 342, 366, 385) nebst einem posthumen Band, wird noch durch die „Variationsrechnung“, die *Methodus inveniendi* (1744, E 65), ergänzt. Die Bücher stellten seinerzeit das vollständigste Werk über die neue Analysis dar, wobei in sie zahlreiche Eulersche Ergebnisse einfließen (wie die analytische Behandlung ebener Kurven oder die Einführung der Beta- und Gammafunktionen, die ein Hauptthema der Analysis des folgenden Jahrhunderts werden sollten). (Abb. 14 und 15)

---

<sup>20</sup> Festschrift zur Feier des 200. Geburtstages Leonhard Eulers, hrsg. von der Berliner Mathematischen Gesellschaft, Leipzig: Teubner 1907, S. 24.

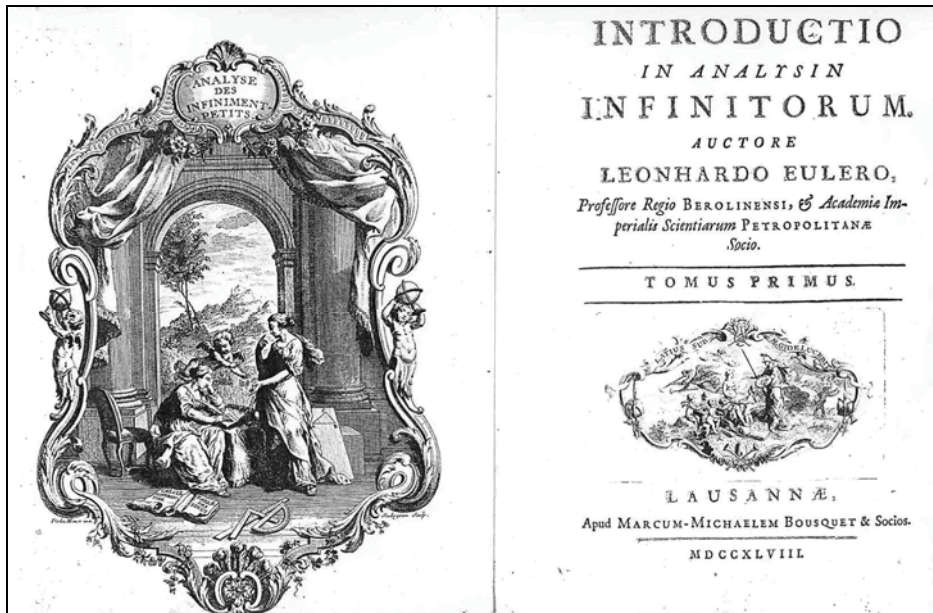


Abbildung 14  
Frontispiz und Titelblatt von Eulers „Introductio in analysin infinitorum“ (1748), Bd. 1. (UB Leipzig)

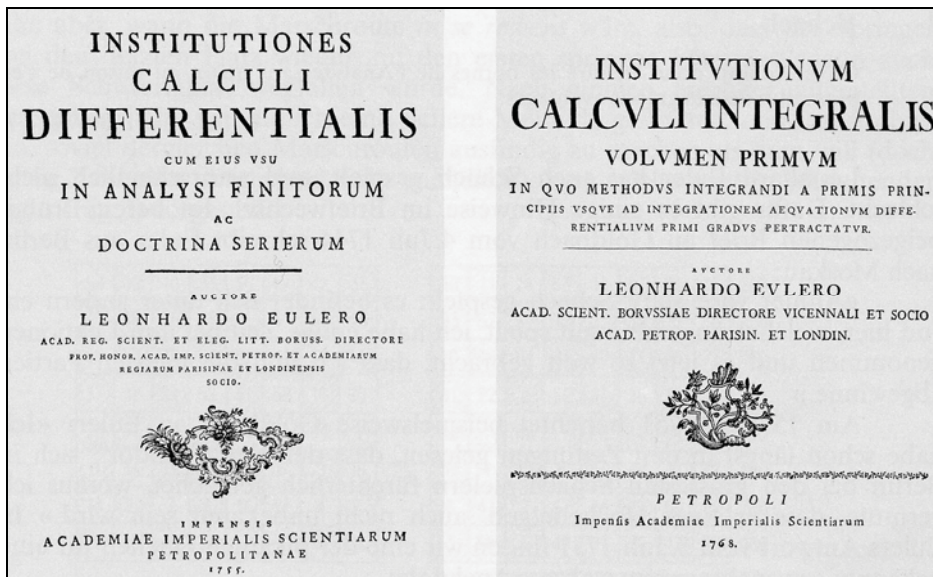


Abbildung 15  
Titelblätter der Eulerschen Differentialrechnung und Integralrechnung (Bd. 1), erschienen 1755 und 1768–70 in jeweils zwei bzw. drei Bänden. (UB Leipzig)



*D E F I N I T I O N.*

On appelle ici *Fonction* d'une grandeur variable, une quantité composée de quelque manière que ce soit de cette grandeur variable & de constantes.

Abbildung 16

Die Definition einer Funktion durch Johann I Bernoulli, Eulers Lehrer, in seiner Arbeit „Remarques sur ce qu'on a donné jusqu'ici de solutions des Problèmes sur les Isopérimètres“ von 1718 (gedruckt 1719) in den Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, Paris. Euler hat diesen analytischen Ansatz übernommen und ausgebaut. (Deutsche Akademie der Naturforscher, Leopoldina, Halle)

In der frühen Variationsrechnung, in der man ja eine begriffliche Klärung ihrer Untersuchungsobjekte (Kurven bzw. Funktionen) erwarten durfte, erfolgte – wenn auch nicht geradlinig – über das Brachistochronenproblem (1696) und die isoperimetrischen Probleme (1697) spätestens im Jahre 1718 durch Eulers Baseler Lehrer, Johann Bernoulli (1667–1748), eine Präzisierung des rechnerischen Funktionsbegriffs. Johann Bernoulli erkannte, dass die in der neuen Descartesschen *Géométrie* (1637) durch geometrische Überlegungen erzeugten rechnerischen Ausdrücke (Gleichungen) nicht ausreichten, um „funktional“ alle untersuchten Kurven zu erfassen, und er gab schließlich eine erste *rechnerische* Fassung des Funktionsbegriffs:

Eine Größe, die in irgendeiner Weise aus einer anderen veränderlichen Größe und Konstanten zusammengesetzt ist, wird Funktion dieser Größe genannt.<sup>21</sup> (Abb. 16)

Hier setzte ganz zwanglos Bernoullis Schüler Euler ein, der nicht nur ein begnadeter und geschickter, sondern auch ein ausdauernder und begeisterter Rechner war, dem zudem dank seines phänomenalen Gedächtnisses jedes benötigte Hilfsmittel gegenwärtig war und der mühelos durch ein Labyrinth von Formeln drang. Er rechnete, wie andere atmen, stellte erstaunt Arago fest. Der Bernoullische rechnerische Ausdruck war Euler mithin geradezu auf den Leib geschneidert. Bereits um 1727 erklärte er in einem Konzept für eine Vorlesung in Petersburg:

Eine Funktion einer veränderlichen Größe ist ein analytischer Ausdruck [*expressio analytica*], der auf irgendeine Weise aus dieser veränderlichen Zahlgröße und aus eigentlichen Zahlen oder aus constanten Größen zusammengesetzt ist.<sup>22</sup>

<sup>21</sup> Remarques, in : Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, Paris 1718 (1719), S. 100–138.

<sup>22</sup> Siehe Juschkewitsch, A. P.: Euler's unpublished manuscript Calculus Differentialis. In: Burkhardt, J. J. et al. (Hg.), Leonhard Euler, Beiträge zu Leben und Werk, Basel: Birkhäuser 1983, S. 161–170.

Euler erweiterte beständig den Umfang des Begriffs, indem er für den Rechenausdruck, die *expressio analytica*, immer mehr Operationen zuließ (also die beliebige Weise des Zusammensetzens bzw. die Herstellungsvorschrift ausdehnte), nämlich zunächst die endlichen Polynome in unendliche Reihen erweiterte, dann transzendente Funktionen wie die trigonometrischen oder logarithmischen zuließ, schließlich Umkehrungen von Funktionen oder durch unbestimmte Integrale erklärte Funktionen einbezog und anderes mehr.

Unendlichen Potenzreihen waren schlechthin das angemessene Mittel geworden, um *beliebige* Funktionen darzustellen. Euler hat diese Idee bis an ihre Grenze getrieben, indem er nicht nur die handlichen Taylorreihen betrachtete, sondern *allgemeine Potenzreihen*

$$\sum c_{\alpha} x^{\alpha}$$

mit beliebigen Exponenten  $\alpha$  in Betracht zog; praktisch hat er allerdings davon nur bei Laurent- und Puiseuxreihen Gebrauch gemacht, die er zur Untersuchung von Singularitäten einsetzte.

Dann stellte sich in der mathematischen Physik jedoch ein Phänomen ein, das Eulers Einstellung völlig veränderte, denn die *schwingende Saite* entzog sich dieser Denkweise. Es ist höchst bemerkenswert, dass Euler sein Arbeitsmittel Funktion wiederum auf das neue Problem zuschnitt, auch wenn dies auf Kosten der seinem rechnerischen Denken so angepassten Potenzreihen ging! Die hiermit verbundene Kontroverse um die schwingende Saite ist oft und meisterhaft beschrieben worden, und wir wollen daher lediglich einen Gesichtspunkt dieser Auseinandersetzungen hervorheben. Jean le Rond d'Alembert (1717–1783) hatte 1747 (gedr. 1749) in der Berliner Akademiezeitschrift die partielle Differentialgleichung für die Schwingungen einer homogenen Saite aufgestellt und deren Lösungen aus *mathematischen* Gründen auf reell-analytische Funktionen eingeschränkt.<sup>23</sup> Euler hingegen hatte die *physikalische* Problematik im Auge und ließ demzufolge „beliebige“ Ausgangskurven, also auch eine gezupfte Saite (mathematisch eine „Dreiecksform“) als Ausgangslage zu, denn die Natur kümmere sich nicht um die Schwierigkeiten der Mathematik.<sup>24</sup> Das nun angemessene Mittel waren trigonometrische Reihen, und es ist

<sup>23</sup> Alembert, Jean le Rond d' : Recherches sur la courbe que forme une corde tendue mise en vibration, Histoire de l'Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres 1747 (gedr. 1749), S. 214–219; Zusatz hierzu in der Histoire 1750 (gedr. 1752), S. 355–360.

<sup>24</sup> Euler, L. : Sur la vibration des cordes. Histoire de l'Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres 1748 (gedr. 1750), S. 69–85, E 140; eine entsprechende lateinische Abhandlung wurde bereits im Mai 1748 gelesen.

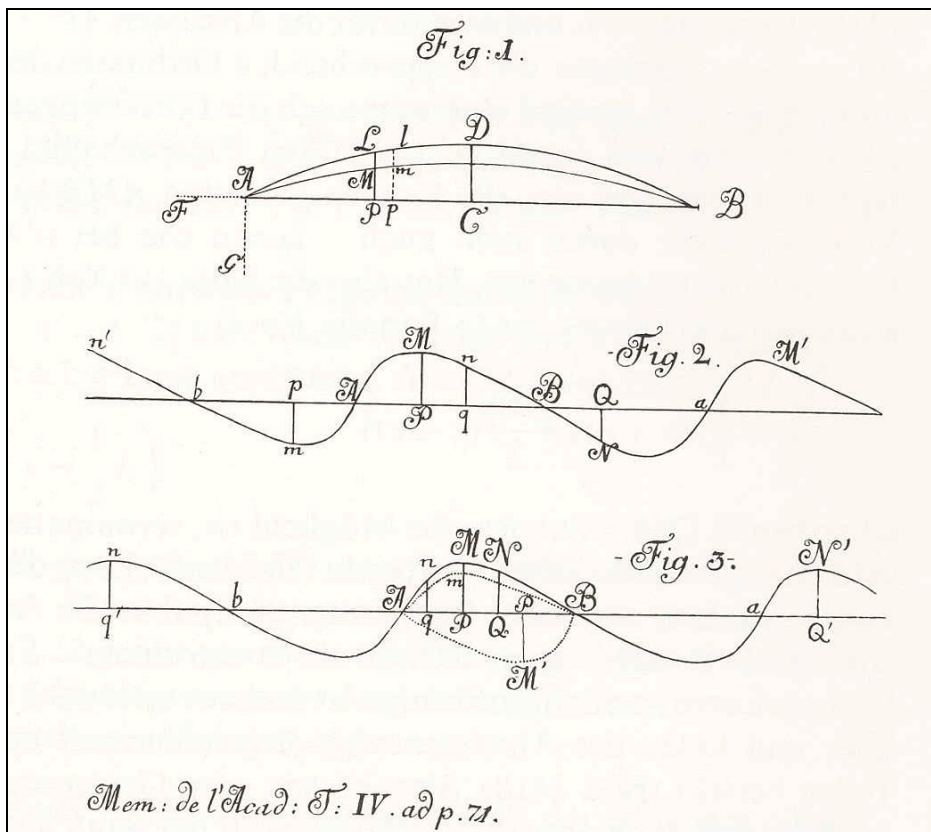


Abbildung 17  
 Figur aus Eulers Arbeit „Sur la vibration des cordes“ von 1748 (gedr. 1750) in den Mémoires der Berliner Akademie; das Manuskript der ursprünglich lateinisch geschriebenen Arbeit „De vibratione cordarum exercitatio“ (1748, gedr. 1749 in den Acta eruditorum; E 119) befindet sich im Archiv der Berliner Akademie. Da Eulers ursprünglicher rechnerischer Ansatz (Potenzrechen) nicht ausreichte, um den Verlauf einer Schwingung bei beliebiger Ausgangslage und Anfangsgeschwindigkeit zu beschreiben, griff Euler selbst auf eine geometrische Konstruktion zurück, um auch in solchen Fällen die Schwingung zu erfassen. (Deutsche Akademie der Naturforscher, Leopoldina, Halle)

höchst bemerkenswert, mit welcher Offenheit sich Euler solchen Fragen zuwandte und dabei selbst auf die alten geometrischen Methoden zurückgriff, um den Verlauf der Schwingung bei beliebiger Ausgangslage zu beschreiben! (Abb. 17)

In der „Differentialrechnung“ von 1755, die schon um 1748 fertig gewesen ist, schrieb Euler im Vorwort (in der Michelsenschen Übersetzung, 1790):

Es ist schwer, die Differenzial=Rechnung und die Analysis des Unendlichen, wovon jene ein Theil ist, denen zu erklären, die darin noch gar keine Kenntniß besitzen. ... Zwar irrt man, wenn man behaupten wollte, die Differenzial=

Rechnung und die Analysis des Unendlichen ließen sich gar nicht definieren, allein da dazu mehrere Begriffe erfordert werden, die nicht bloß im gemeinen Leben, sondern selbst in der Analysis des Endlichen ungebräuchlich sind, und erst in der Differenzial=Rechnung erworben werden müssen, so bleibt die gedachte Definition so lange unverständlich, bis man die Gründe des Differenzial=Calculus deutlich gefaßt hat.<sup>25</sup>

Das will Euler aber nicht begrifflich tun, sondern durch Beispiele lehren – ein Punkt, der den Mathematikhistorikern mehrere Möglichkeiten der Interpretation für die infinitesimalen Größen eröffnet hat: neben Eulers algebraischer Nullenrechnung vor dem Hintergrund des Körpers der reellen Zahlen treten beispielsweise die intuitiven Vorstellungen, wie sie Physiker gern benutzen, oder die Nicht-Standardanalysis von Detlef Laugwitz (1932–2000), die von einem ultrareellen Zahlkörper ausgeht, sowie formale Potenzreihenringe, die etwa Jean Dieudonné (1906–1992) zur Erklärung benutzte. Jedoch gibt Euler dem Interessierten durchaus Handreichungen. In dem Vorwort seiner *Introductio* (1748) verspricht er, in diesem Buch alles das zusammenzufassen, „was zu wissen bei der Erlernung der Infinitesimalrechnung notwendig ist“. Euler benötigt also eine Einführung vor der eigentlichen Theorie. Mathematik ist nun nicht mehr allgemeines, sondern spezielles Wissen, wenn auch mit „universalem“ Anspruch. Damit wird die offene und literarisch orientierte Darstellungsweise des Barock aufgegeben, die jedem Gebildeten einen unmittelbaren Zugang zu den Problemen ermöglichen sollte und kein mühsames Durcharbeiten durch einen systematischen (axiomatischen) Aufbau erforderte. Die Einheit von geometrischer Anschauung, Physik und Philosophie im Barock weicht mehr und mehr dem Bestreben, die Mathematik aus sich selbst heraus zu begründen; für Euler kommt die erwähnte Rechenhaftigkeit hier ins Spiel.

Euler geht daran, den Prototyp des Lehrbuches zu schaffen, für den die *Introductio in analysin infinitorum* sowie die *Methodus inveniendi* exemplarisch sind. Aber erst die französische Revolution von 1789 wird das Bedürfnis nach allgemeiner Lehrbarkeit des Wissens zur Geltung bringen und entsprechende Lehrbücher für das 19. Jahrhundert schaffen, für die der „Cours d’Analyse“ von Augustin Louis Cauchy (1789–1857) exemplarisch ist.<sup>26</sup> Zu Eulers Zeiten ist der Leserkreis – zumindest im Hinblick auf die späteren Veränderungen durch die französische Revolution – noch eher elitär gewesen. Aber es gibt auch reizvolle Ausnahmen, wie es des Schweizer Christoph Jezler (1734–1791) gewesen ist. Der durch Erbschaft wohlhabend ge-

---

<sup>25</sup> *Institutiones calculi differentialis*, 1755, E 212; dt. Übersetzung 1790.

<sup>26</sup> Das zeigt die Übernahme dieses Titels bei allen großen französischen Lehrbüchern der Analysis in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts (denen von Charles Hermite, Edouard Goursat, Camille Jordan oder Émile Picard).

wordene Kürschner mit mathematischen Interessen hatte 1763 vom ungedruckten Manuskript Eulers über Integralrechnung (*Institutiones calculi integralis*, gedr. 1768–1770) gehört und Euler um die Genehmigung gebeten, es kopieren zu dürfen. Euler stimmte zu, Jezler kam nach Berlin und reiste nach mehreren Monaten mit einer Kopie von rund 1.000 Seiten wieder in seine Heimat, wo er schließlich Professor der Mathematik wurde.

Eulers Variationsrechnung, die *Methodus inveniendi*, die etwa 1742 fertig geworden sein muss, gehört letztlich auch zu seiner analytischen Trilogie, dem seinerzeit umfassendsten Kompendium der Analysis, das noch allen bedeutenden Mathematikern des folgenden Jahrhunderts als reiche Quelle diente. Euler hatte sich in den 30er Jahren des 18. Jahrhunderts ein neues Gebiet vorgenommen, das Extremalprobleme betraf und heute Variationsrechnung genannt wird. Eulers Freund Daniel Bernoulli (1700–1782) wiederum griff zur gleichen Zeit schwierige Probleme der Physik auf, namentlich den elastischen Faden und den elastischen Stab. Obwohl er Schwierigkeiten hatte, die Probleme mittels der neuen Variationsrechnung zu behandeln, vermutete er zu Recht, dass die Variationsrechnung hier die angemessene mathematische Methode sei. Seine Erwartungen konnten durch die Möglichkeit überprüft werden, dass die Lösung eines Variationsproblems mit den direkt gewonnenen Ergebnissen a posteriori verglichen werden konnte. Darüber war er seit 1738 mit Euler in Briefwechsel. Am 28. Januar 1741 hatte er in schönstem Gelehrtendeutsch des 18. Jahrhunderts die Behandlung der Erdgestalt und der Himmelsmechanik als Variationsproblem angeregt:

Von Ew. [Euer Wohledelegeborenen] möchte vernehmen, ob Sie nicht meinen, daß man die *orbitas circa centra virium* [Umlaufbahnen um ein Kraftzentrum] könne *methodo isoperimetrica* [mit der Methode der Variationsrechnung für Probleme mit Nebenbedingungen], wie auch die *figuram terrae pro theoria Newtoniana* [Erdgestalt nach der Newtonschen Theorie] herausbringen. *Rationi primae questionis* [Mit Bezug auf die erste Frage] ist zu *observiren*, daß ein *corpus motum* seine *velocitatem* und *directionem* [ein bewegter Körper seine Geschwindigkeit und Richtung] zu behalten trachte, welche zwey *conatus combinati* [miteinander verbundene Tendenzen] etwan auf eine Methode führen könnten.<sup>27</sup>

Nach zwei Jahren, am 12. Dezember 1742, beglückwünschte Daniel Bernoulli Euler zur Lösung des Problems der *Elastica* (Anhang I der *Methodus inveniendi*, E 65), mahnt aber eine Antwort über die noch ausstehenden obigen Fragen mit dem Hinweis an: „Man kann die *principia maximorum et minimorum* [die Prinzipien des

---

<sup>27</sup> Siehe Anm. 15.

Größten und des Kleinsten = Variationsrechnung] nicht genugsam ausforschen.“ Da er schließlich am 23. April 1743 Euler zur Lösung der gestellten Aufgaben gratulierte, lässt sich hieraus wohl datieren, dass Euler diese als Anhänge zur Variationsrechnung, der *Methodus inveniendi* aufgenommenen Lösungen spätestens im April 1743 abgeschlossen haben muss. Euler bemerkte:

Aber es ist häufig sehr mühsam, die Formel zu finden, die ein Maximum oder Minimum liefert. ... Diese Untersuchung steht nicht so sehr der Mathematik als der Metaphysik zu.<sup>28</sup>

Ich überlasse diese Beschäftigung anderen, die sich zur Metaphysik berufen fühlen.<sup>29</sup>

Euler hob immer wieder hervor, dass er die schönen Ergebnisse der Variationsrechnung nicht a priori, sondern a posteriori bemerkt habe, was so viel bedeutet, dass er von den mit anderen Methoden direkt erhaltenen Ergebnissen ausgegangen ist und erst im Nachhinein sich der Variationsrechnung bediente. Den Anhang I in der *Methodus inveniendi* über die elastischen Kurven leitete er allerdings mit einer Bemerkung über diese doppelte Behandlungsmöglichkeit ein:

Da nämlich die ganze Weltordnung die vollkommenste und vom weisen Schöpfer hergestellt ist, geschieht nichts in der Welt, worin nicht ein Verhältnis des Größten und Kleinsten hervorleuchte. Deshalb ist kein Zweifel daran möglich, daß alle Naturwirkungen aus Zweckursachen nach der Methode des Größten und Kleinsten [!] ebenso gut bestimmt werden können wie aus den wirkenden Ursachen selbst. ... Da also ein doppelter Weg offen steht [Euler meint hier die finale bzw. kausale Behandlung] ..., so benutzt der Mathematiker beide mit gleichem Erfolg.

## 4 Wissen und Glauben

Das gerade genannte Zitat drückt Eulers Glauben an die göttliche Schöpfung und damit an die notwendige Schönheit und Verständlichkeit derselben aus. Wenn dieser christliche Glaube in Frage gestellt wurde, dann war Euler bereit, die göttliche

---

<sup>28</sup> Recherches sur les plus grandes et les plus petits, Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres, Berlin 1748, pp. 149-188 = Opera omnia Euleri, ser. II, vol. 5, Zürich 1957, S. 1-37, Zitat S. 3.

<sup>29</sup> Methodus inveniendi, Additamentum II, p. 320 = Opera omnia Euleri, ser. I, vol. 24, Zürich 1957, S. 308.

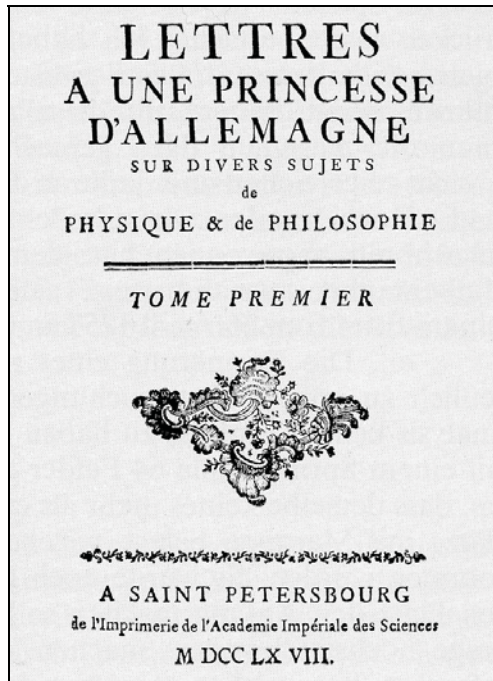


Abbildung 18  
 Titelblatt der „Lettres à une Princesse d'Allemagne“ aus dem Jahre 1768 (Bd. 1), die einen beispiellosen Erfolg der populärwissenschaftlichen Literatur darstellen und bis heute aufgelegt werden. (UB Leipzig)

Offenbarung gegen die „Rotte der Freigeister“<sup>30</sup> entschlossen zu verteidigen, wobei er in der Wahl der Mittel nicht kleinlich war (aber dabei mit dem regierenden Freigeist Friedrich nicht ins Gehege geriet, der in seinem Königreich jeden nach seiner Fassung selig werden ließ)<sup>31</sup>.

Euler erschloss alles von der Mathematik, hatte Speiser gesagt. Jedoch in Fragen der Religion war dies anders. Hier sah Euler ein geoffenbartes Reich, in das keine menschliche Vernunft mehr gelangen konnte. Kant sollte später formulieren, dass er das Wissen aufgehoben habe, um Platz für den Glauben zu schaffen. In den „Lettres“ hatte Euler drei gleichwertige Quellen für Erkenntnis genannt: den logischen beziehungsweise *mathematischen Bereich*, den Bereich der *sinnlichen Erfahrungen* sowie den *historischen Bereich* der glaubwürdigen Berichte und göttlichen Offenbarungen. Diese Auffassung Eulers ist ein Erbe seiner Kindheit, hier zeigt sich der unmittelbare Einfluss seines Vaters. (Abb. 18+19)

<sup>30</sup> Rettung der göttlichen Offenbarung gegen die Einwürfe der Freygeister, 1747 (E 92, anonym).

<sup>31</sup> Eine Anekdote möge diese Haltung illustrieren. Als man Friedrich II. hinterbracht hatte, daß ein gewisser Geistlicher nicht an die Auferstehung am Jüngsten Tage glaube, vermerkte der König am Briefrand lediglich: „Soll liegen bleiben!“

Journal

Speculationes mathematicae si ad earum utilitatem respicimus ad duas classes reduci debere videntur: ad priorum referendae sunt eae quae cum id vitam communem tum ad alias artes infigere aliquo commodum affecerunt quarum propterea pretium ex magnitudine huius commodi statui solet. Altera autem classis eas complectitur speculationes, quas etsi ipse nullo infigri commodi sunt coniunctae tamen ita sunt comparatae ut ad fines analysis promovendos viresque ingenii ac utendas occasiones praebent. Quum enim plures speculationes, a quibus maxima utilitas expectari possit, ob solum analysis defectum, despicere cogimus, non minus fructum iis speculationibus statuendum videtur quae haud contenta da analysis incrementa pollicentur.

Euler. Comm. Nov. Petrop. II. p. 58

Il ya des verités generales que notre esprit est prêt d'embrasser aussitôt qu'il en reconnoit la justesse dans quelques cas particuliers.

Euler. Histoire de l'Ac. de Berlin 1748. p. 204.

On voit du theoreme de Fermat  $a^m \equiv a$  on pourra comparer encore l'appel au public par König et la réponse de Euler. Hist. de l'Ac. de Pr. A. 1751 p. 530

U. 13. 45. 1/2

Abbildung 19

Exzerpte von C. F. Gauß aus Arbeiten von Leonhard Euler; De integratione (1756/57, E 251) und Démonstration sur le nombre des points (1748, E 148). Gauß hatte sich das Induktionsprinzip aus der Zahlentheorie notiert: „Es gibt allgemeine Wahrheiten, die unser Geist bereit ist anzunehmen, sobald er die Richtigkeit einiger Sonderfälle erkannt hat.“ (E 148). (Niedersächsische Universitäts- und Landesbibliothek Göttingen, Handschriftenabteilung, Nachlaß Gauß)



Nur einen Steinwurf von hier, im Archiv der französischen Gemeinde im Französischen Dom, wird ein Schriftstück aufbewahrt, in dem sich der Gemeindeälteste Leonhard Euler zu Fragen der Katechisierung äußert und sich dabei auf bewährte Positionen seines Vaters Paulus (1670–1745) beruft, also etwa eine öffentliche Prüfung der Konfirmanden ebenso wie eine kindgerechte Darstellung der religiösen Themen befürwortet. Aus praktischen Gründen empfiehlt Euler auch die Drucklegung guter Predigten, um die Pfarrer zu entlasten.<sup>32</sup>

Meine Damen und Herren, ich hoffe, Ihnen eine Vorstellung vom Wirken Leonhard Eulers vermittelt zu haben. Lassen Sie mich ebenso wie Eulers Schüler Nikolaus Fuß (1755–1826) in seiner bewegenden „Eloge“ auf Euler bemerken: „Ich gebe also hier, was die Umstände mir zu geben erlauben“, und daher soll der Beschluss, den der Meister des Sinngedichts, Johannes Scheffler (1624–1677) – besser bekannt als Angelus Silesius –, an das Ende seines *Cherubinischen Wandersmannes* (1674) gestellt hat, auch diesen Vortrag beenden:

Freund, es ist auch genug. Im Fall du mehr willst lesen,  
So geh und werde selbst die Schrift und selbst das Wesen.

## Literatur

- Bradley, Robert E. & C. Edward Sandifer (Hg.) (2007): Leonhard Euler: Life, Work and Legacy, Amsterdam: Elsevier.
- Burckhardt, Johann Jakob et al. (Hg.) (1983): Leonhard Euler. Beiträge zu Leben und Werk. Gedenkband des Kantons Basel-Stadt, Basel: Birkhäuser.
- Euler, Leonhard: Opera omnia, 4 Reihen, Leipzig: Teubner, später Zürich: Orell-Fuessli und Basel: Birkhäuser, seit 1911.
- Festschrift zur Feier des 200. Geburtstages Leonhard Eulers. Herausgegeben von der Berliner Mathematischen Gesellschaft, Leipzig: Teubner, 1907.
- Fuß (Fuss), Nikolaus (1911): Éloge de M. Léonard Euler, St. Pétersbourg 1783, dt. Übersetzung Basel 1786, auch in „Opera omnia Euleri“, ser. I, vol. 1. Leipzig: Teubner.
- Knobloch, Eberhard et al. (Hg.) (1983): Zum Werk Leonhard Eulers. Vorträge des Euler-Kolloquiums 1983 in Berlin, Basel: Birkhäuser.

---

<sup>32</sup> Siehe hierzu den Artikel von Raith, M.: Der Vater Paulus Euler. In: Burkhardt, J. J. et al. (Anm. 22), S. 459–470, oder Thiele, R.: Leonhard Euler. In: Koetsier, T. & L. Bergmans (Hg.), *Mathematics and the Divine*, Amsterdam: Elsevier 2005, S. 509–521.

- Schröder, Kurt (Hg.) (1959): Sammelband der zu Ehren des 250. Geburtstages Leonhard Eulers der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin vorgelegten Abhandlungen, Berlin: Akademie-Verlag.
- Spieß, Otto (1929): Leonhard Euler, Frauenfeld-Leipzig: Huber.
- Thiele, Rüdiger (1982): Leonhard Euler, Leipzig: Teubner.
- Thiele, Rüdiger (2005): The Mathematics and Science of Leonhard Euler. In: Mathematics and the Historian's Craft. The Kenneth O. May Lectures, New York: Springer, S. 81–140.
- Thiele, Rüdiger (2007): Leonhard Euler, the decade 1750–1760. In: Bradley, Robert E., D'Antonio, Lawrence A. & C. Edward Sandifer (Hg.), Euler at 300. The MAA Tercentenary Euler Celebration, vol. 3. MAA, Washington/DC, S. 1–23.

Dem Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, insbesondere Frau Dr. V. Enke und Herrn Dr. W. Knobloch, danke ich nicht nur für die freundliche Unterstützung, sondern auch für die angenehme Zusammenarbeit. Beim meiner Kollegin Dr. S. Fahrenbach, Sudhoff-Institut der Universität Leipzig, möchte ich mich für die technische Hilfe herzlich bedanken.



Internationaler Experten-Workshop  
der Academia Europaea und der BBAW  
“Harnessing European Diversity –  
A New Paradigm for the Humanities?”

11./12. Juni 2007



## Neue Strukturen für die altertumswissenschaftliche Forschung an der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften – und darüber hinaus\*

Die Kulturen der Alten Welt – das alte Griechenland und Rom, Ägypten und Mesopotamien, nicht weniger die Völker jenseits des Mittelmeerraumes – waren ein zentraler Gegenstand der Forschung in Berlin seit dem 19. Jahrhundert. Berliner Gelehrte wie Eduard Meyer, Theodor Mommsen, August Boeckh und viele andere spielten eine prägende Rolle in der Entwicklung der Identität und der Forschungsprogramme der altertumswissenschaftlichen Disziplinen.<sup>1</sup> Adolf Erman – um ein Beispiel aus meiner eigenen Wissenschaft, der Ägyptologie, heranzuziehen –, Professor an der Friedrich-Wilhelms-Universität und Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften am Ende des 19. und in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts, schuf bahnbrechende Werke zur Philologie, Linguistik und Lexikographie des (Alt)Ägyptischen. Nicht weniger jedoch verstand er es, die Forschungsergebnisse der neuen Disziplin auf hohem Niveau einem gebildeten Publikum zugänglich zu machen. Als herausragender Gelehrter setzte er sich mit Leichtigkeit an die Spitze seines Fachgebiets, und noch heute sind Ägyptologen auf der ganzen Welt stolz, sich in der Tradition der durch Erman begründeten *école de Berlin* zu wissen.<sup>2</sup>

Selbst die tiefen Verwerfungen der Geschichte Deutschlands und Berlins haben es nicht vermocht, diese frühere Exzellenz altertumswissenschaftlicher Forschung in

---

\* Dieser Beitrag stellt die ins Deutsche übertragene und geringfügig überarbeitete Fassung eines Vortrags dar, der am 11. Juni 2007 im Rahmen des internationalen Workshops „Harnessing European Diversity – A New Paradigm for the Humanities?“ an der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften gehalten wurde. Allen Kolleginnen und Kollegen der altertumswissenschaftlichen Vorhaben der Akademie, die mich mit Sachinformationen unterstützt haben, bin ich sehr verbunden.

<sup>1</sup> Dies dokumentiert auf breiter Basis der Sammelband Baertschi, A. M. & C. G. King (Hg.): Die modernen Väter der Antike. Die Entwicklung der Altertumswissenschaften an Akademie und Universität im Berlin des 19. Jahrhunderts, Berlin 2007.

<sup>2</sup> Zu den verschiedenen Wirkungsfeldern dieses großen Gelehrten s. Schipper, B. U. (Hg.): Ägyptologie als Wissenschaft. Adolf Erman (1854–1937) in seiner Zeit, Berlin 2006.

Berlin auszulöschen. Heute setzen zwei Universitäten, die Humboldt-Universität und die Freie Universität, ihren Stolz daran, gut ausgestattete altertumswissenschaftliche Fächergruppen zu erhalten und auszubauen. Die Zentrale des Deutschen Archäologischen Instituts hat ihren Sitz in Berlin, und Berlins Museen hüten Schätze antiker Kunst – ja mehr noch: einen unerhörten Reichtum visuell zwar weniger spektakulärer, dafür historisch vielleicht noch bedeutsamerer Archive: Papyri, Keilschrifttafeln, Steininschriften, Keramik ... Primärmaterial von unschätzbarem und längst nicht ausgelotetem Wert für die aktuelle Forschung. Und auch am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte arbeiten Forscher mit einem tiefen Interesse an den Kulturen der fernen Vergangenheit. Dass ich die Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften hier an letzter Stelle nenne, fordert die Höflichkeit. Aber selbstverständlich beherbergt gerade sie eine Gruppe von Schlüsselprojekten erstrangiger Bedeutung auf dem Gebiet der altertumswissenschaftlichen Forschung.

Diese außerordentliche Konzentration wissenschaftlicher Expertise und originaler Zeugnisse, dazu noch von Archiven früherer wissenschaftlicher Materialarbeit, die weiter ein bedeutendes Kapital bilden; dieses Zusammentreten bedeutender Institutionen, die es auch als ihre Aufgabe sehen, ein lebendiges öffentliches Interesse an den Kulturen der Alten Welt aufzugreifen und zu befriedigen, ist, das steht wohl außer Zweifel, ohne Parallele irgendwo sonst in Deutschland und kann sich mit allen Zentren altertumswissenschaftlicher Forschung weltweit messen. Die große Vergangenheit der Berliner Wissenschaft ebenso wie der Reichtum ihrer aktuellen Ressourcen sind Gründe und Verpflichtung für die Berliner Altertumswissenschaften, ihre Stellung internationaler wissenschaftlicher Exzellenz zu bewahren und zu erneuern.

Um dieses hohe Ziel zu erreichen, wird es allerdings nicht genügen, einfach der Spur der Wissenschaft des 19. Jahrhunderts zu folgen. Die wahre Größe dieser Epoche in die Gegenwart zu übersetzen, kann nicht gelingen, ohne den tief greifenden Wandel des sozialen, politischen und intellektuellen Kontexts, in den unsere Arbeit eingebettet ist, zur Kenntnis zu nehmen. Ich will an dieser Stelle nur zwei Faktoren nennen.

Das öffentliche Interesse an der Alten Welt ist nicht geschwunden – im Gegenteil mag es lebendiger und populärer sein als jemals zuvor. Trotzdem kann man für altertumswissenschaftliche Kenntnisse nicht mehr eine Stellung im normativen Kern höherer Bildung in Anspruch nehmen. Um heute ein gebildeter Mensch zu sein, muss man nicht mehr Altgriechisch und Latein können. Da der altägyptischen Sprache ein solcher Status niemals zukam, fällt es mir leicht, mit dieser Entwicklung ganz einverstanden zu sein. Wenn sich Menschen der Alten Welt zuwenden, nicht weil ein Bildungssystem sie dazu nötigt, sondern in voller Freiheit und aus genuiner Faszination, dann scheint mir das sogar ein Fortschritt. Diese Entwicklung des sozialen Kontexts unserer Forschung erlegt uns jedoch die Pflicht auf, sehr viel sorgfältiger die Bedeutung unserer Arbeit nicht nur einem breiten Publikum, sondern auch den

Kolleginnen und Kollegen der näher und ferner benachbarten Disziplinen unserer eigenen Forschungsinstitutionen zu vermitteln. Wir können uns nicht mehr darauf verlassen, dass sich die Wichtigkeit des Arbeitsgebietes von selbst versteht.

Der zweite Aspekt, der hier anzusprechen ist, fokussiert ein ähnliches Paradox. Spezialisierung, Expertenwissen auf sehr spezifischen Arbeitsfeldern ist mehr denn je eine Voraussetzung originaler Forschung. Der besondere Reichtum der Berliner Forschungslandschaft wurzelt ja genau darin, dass Spezialisten für fast alle Regionen, Perioden und Forschungsmethoden hier in nächster Reichweite verfügbar sind. Nichtsdestoweniger lässt sich nicht verkennen, dass die Idee disziplinärer Aufspaltung, die die Entwicklung (auch) des altertumswissenschaftlichen Forschungsfeldes im 19. Jahrhundert bestimmt hat, nun, zu Beginn des 21. Jahrhunderts in entscheidendem Maße an Plausibilität eingebüßt hat. Den historischen Umfang der Alten Welt dadurch abzuschreiten, dass wir sie in immer kleinere Parzellen immer engerer Spezialisierungen zerlegen, leuchtet selbst dem engagierten Spezialisten weniger und weniger ein. Allen ist klar, dass wir von einem bloß additiven zu einem kooperativen Begriff wissenschaftlicher Spezialisierung kommen müssen. Und dies bedeutet auch, dass es an der Zeit ist, die etablierten disziplinären Identitäten von Grund auf neu zu durchdenken.

Ob es gelingt, diesen Herausforderungen gerecht zu werden, wird letztlich natürlich von einzelnen Forscherpersönlichkeiten, ihrer Sachkenntnis, der Weite ihres Horizonts und ihrem Engagement abhängen. Und doch darf darüber nicht vergessen werden, dass dieser Prozess auch entscheidend davon abhängt, dass angemessene organisatorische und institutionelle Strukturen geschaffen werden, die diese Entwicklung unterstützen und ermutigen. Aus diesem Grund bildeten die organisatorischen Strukturen altertumswissenschaftlicher Forschung in Berlin im Laufe der zurückliegenden Jahre den Gegenstand intensiver Diskussion. Und es ist hier mein Ziel, eine Übersicht über diesen Prozess, an dem ich aus verschiedenen Blickpunkten teilnehmen konnte, zu versuchen. Naturgemäß beginne ich meinen Bericht an der Akademie, um schrittweise die Perspektive zu verbreitern.

In jenen großen Tagen der Preußischen Akademie der Wissenschaften etablierten herausragende Gelehrte große Forschungsprojekte an der Akademie, Projekte, die aufgrund ihres Umfangs und ihres Charakters im universitären Kontext nicht zu handhaben waren. Das älteste dieser Unternehmen, die *Inscriptiones Graecae*, ein Sammelwerk griechischer Inschriften, wurde im Jahr 1815 gegründet, und ist nach wie vor aktiv. Andere Projekte sammeln lateinische Inschriften, verfertigen Prosopographien, edieren Texte und stellen Wörterbücher zusammen. Durch diese Unternehmen wurde die Bedeutung der altertumswissenschaftlichen Forschung an der Berliner Akademie begründet.



Es ist nicht lange her, da war es Mode, diesen Typus der Forschung als „positivistisch“ zu belächeln. Alles zu sammeln, was sich sammeln lässt; alles in einen Katalog zu setzen, was allenfalls zu katalogisieren ist, das ließ sich leicht als nicht genial genug herabsetzen. Aber diese Zeit ist vorbei. Wissenschaftlern, die aktiv auf diesem Feld arbeiten, und Forschern überhaupt (gerade aus der Naturwissenschaft erwarte ich hier Zustimmung) war immer klar, dass es mit Geistreichelei nicht getan ist. Die tägliche Forschungspraxis zeigt schließlich handgreiflich genug, dass die Werke, die die Hinterlassenschaft der alten Kulturen zusammenführen und überhaupt erst der systematischen Kenntnisnahme erschließen, eine zentrale Voraussetzung jeder originalen Forschungsarbeit sind. Und man müsste schon intellektuell blind sein, wollte man das kohärente Forschungskalkül verkennen, dem sich die Begründung genau dieser Projekte verdankt: das Anliegen, der altertumswissenschaftlichen Forschung eine breite, empirische Basis zu schaffen.

Dieses Kalkül hat, meiner Überzeugung nach, an Aktualität nicht verloren, sondern gewonnen. Viele der Fragestellungen, die die Forschung heute am meisten bewegen – kulturelle Vielfalt, Kulturkontakt und -austausch, soziale Organisation und die soziale Verteilung von Wissen, die ganze Welt des praktischen Lebens aller Menschen jenseits der schmalen Abstraktion hochkultureller Schemata –, bedürfen, um ernstlich angefasst werden zu können, einer soliden und extensiven Grundlage empirischer Daten.

Freilich hatten diese Unternehmungen, die zu den Schlüsselprojekten ihrer jeweiligen Disziplinen gehören, im 20. Jahrhundert wechselvolle Schicksale. Die meisten wurden auch in der Zeit der DDR fortgeführt, jedoch wandte sich die Akademie in dieser Zeit vielfach anderen Forschungszielen zu. Das Projekt, für das ich arbeite zum Beispiel, das Altägyptische Wörterbuch, wurde damals weitgehend ausgesetzt und die ägyptologische Forschergruppe erhielt den Auftrag, eine allgemeine Kulturgeschichte des Alten Ägypten zu verfassen – ein Werk, das letztlich niemals zum Druck kam.<sup>3</sup> Nach der Wiedervereinigung Deutschlands und im Prozess der Neukonstituierung der Berliner Akademie schien der Status der ererbten Projekte prekär. Wie Riesenschildkröten schienen sie Überbleibsel vergangener Zeiten. In den akademischen Disziplinen jedoch, die die intellektuelle Heimat dieser Projekte bilden – der Alten Geschichte, Klassischen Archäologie, Klassischen Philologie, Ägyptologie usw. –, zweifelte niemand an der Notwendigkeit, die Arbeit an diesen Großaufgaben in erneuerter Form fortzuführen oder wieder aufzunehmen. Es war deshalb

---

<sup>3</sup> Einblick in die komplizierten Verhältnisse gibt Reineke, W. F.: Das Wörterbuch der ägyptischen Sprache. Zur Geschichte eines großen wissenschaftlichen Unternehmens der Berliner Akademie zwischen 1945 und 1992. In: Grunert, S. & I. Hafemann (Hg.), Textcorpus und Wörterbuch, Probleme der Ägyptologie 14, Leiden 1999, S. xi-xlv.

eine große Erleichterung, als – nach strikter Evaluation – die wichtigsten der alten Projekte im Kontext des Akademienprogramms des Bundes und der Länder fortgeführt werden konnten und die Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften die ehrenvolle Bürde übernahm, diese Vorhaben in eine produktive Zukunft zu führen.

In der Rückschau scheint es mir besonders wichtig, dass der Prozess, der in der Folge zu einer stabilen und selbstbewussten Position der altertumswissenschaftlichen Forschung an der Akademie geführt hat, aus beiden Richtungen vorangetrieben wurde: Es gab eine Initiative, die aus den Forschungsprojekten selbst kam und aus der der Wunsch erwuchs, die Kräfte zu bündeln und sich – unabhängig von (d. h. zusätzlich zu) den genau geregelten Arbeitsplänen der Forschungsvorhaben – zu gemeinsamen wissenschaftlichen Projekten zusammenzufinden. Als Ergebnis dieser Initiativen wurde im Jahre 2001 eine Folge von Ringvorlesungen ins Leben gerufen, in denen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der verschiedenen Vorhaben Themen gemeinsamen Interesses aus der Sicht ihrer jeweiligen Fachgebiete behandelten. Gegenstände wie Medien in der Alten Welt,<sup>4</sup> Rituale, kulturelle Konzepte der Person u. a. standen hier in Rede. Diese Kooperation zwischen den Projekten förderte das Gefühl einer gemeinsamen Identität und begründete, wenn man es vielleicht einmal so sagen darf, auch erneut wissenschaftliche Selbstachtung und Selbstbewusstsein.

Parallel zu dieser Initiative aus den Forschungsprojekten selbst wurde in den Leitungsgremien der Akademie wiederholt und gründlich die Frage einer sachgerechten organisatorischen Strukturierung und Unterstützung diskutiert. Dabei mussten selbstverständlich auch die strukturellen Rahmenbedingungen etwa der Förderung im Kontext des Akademienprogramms des Bundes und der Länder mit allen ihren Begrenzungen (z. B. in der Förderungsdauer der einzelnen Vorhaben) im Auge behalten werden.

Diese beiden Reflexionsprozesse konvergierten im zurückliegenden Jahr in der Neustrukturierung der altertumswissenschaftlichen Forschung an der Akademie und der Etablierung eines „Zentrums Grundlagenforschung Alte Welt“.<sup>5</sup> Struktur und Ziele dieser neuen Institution sollen nun etwas näher betrachtet werden. Im Rahmen des Zentrums sind derzeit sieben große Forschungsprojekte in einem gemeinsamen organisatorischen Rahmen verbunden, und sie sollen hier wenigstens einmal (in alphabetischer Ordnung) genannt werden:

---

<sup>4</sup> Peter, U. & S. Seidlmayer (Hg.): *Mediengesellschaft Antike? Information und Kommunikation vom Alten Ägypten bis Byzanz*, Berlin 2006 (=Berichte und Abhandlungen der BBAW Sonderband 10).

<sup>5</sup> Die Website mit näheren Informationen zu den einzelnen Projekten und zum Programm des Zentrums <http://altewelt.bbaw.de/>.

- Altägyptisches Wörterbuch,
- Corpus Inscriptionum Latinarum,
- Corpus Medicorum Graecorum/Corpus Medicorum Latinorum,
- Die Griechischen Christlichen Schriftsteller der ersten Jahrhunderte,
- Inscriptiones Graecae,
- Prosopographie der mittelbyzantinischen Zeit,
- Turfanforschung.

Andere Projekte wie das Polybios-Lexikon, das Griechische Münzwerk oder die Prosopographia Imperii Romani wurden kürzlich abgeschlossen beziehungsweise sind momentan ohne Förderung.

Auf den ersten Blick mag diese Zusammenstellung disparat wirken, aber bei näherem Hinsehen zeigt sich ihr innerer Zusammenhang deutlich genug. Abgesehen von typologischen Ähnlichkeiten (meistens geht es um Corpora und Editionen insbesondere textlicher Quellen), die eine gemeinsame Forschungsperspektive offenbaren, sind die Gemeinsamkeiten auf dem Gebiet der Methode offenkundig. Alle Projekte repräsentieren ein hohes Niveau in der Arbeit mit der primären Textüberlieferung, ihrer Dokumentation, Edition, Übersetzung und Analyse. Dieser gemeinsame Grund editorischer Kompetenz mag daher als das entscheidende Charakteristikum der altertumswissenschaftlichen Forschung an der Akademie gelten.

Die Details der organisatorischen Struktur des Zentrums, die naturgemäß Gegenstand sorgfältigster Erörterung waren, müssen hier nicht geschildert werden. Es mag genügen, die entscheidenden Punkte herauszugreifen. Hier ist zunächst festzustellen, dass auch im Kontext des Zentrums die Ebene der Arbeit der einzelnen Projekte, die das Zentrum bilden, von der Ebene der Arbeit des Zentrums als Ganzes klar geschieden bleibt. Es war niemals beabsichtigt, die existierenden Unternehmen in einem großen Institut zu verschmelzen. Das wäre schon aus wissenschaftlichen Gründen ein verhängnisvoller Fehler gewesen – es verbietet sich freilich auch aufgrund der Rahmenbedingungen der Projektförderung im Akademienprogramm, in dem die Förderzusagen strikt an einzelne und klar definierte Projekte gebunden bleiben.

Das Zentrum selbst, das die Projekte vereinigt, ruht auf zwei Institutionen, einem Zentrumsrat, geleitet von einem Sprecher, der für die operative Arbeit des Zentrums von Tag zu Tag zuständig ist, sowie einer Kommission, die im Kern aus den Projektleitern der Einzelprojekte besteht, jedoch auch Akademiemitglieder der altertumswissenschaftlichen Disziplinen sowie einzelne zur Mitwirkung besonders qualifizierte Forscher des Berliner Umfelds einbeziehen soll. Diese Kommission wird die Arbeit des Zentrums und der in ihm zusammengeschlossenen Projekte kritisch begleiten sowie alle strategischen Fragen der Weiterentwicklung der altertumswissenschaftlichen Forschung an der Akademie ansprechen und entscheiden.

Was sind nun die Ziele, die das Zentrum verfolgt – und welche konkreten Aktivitäten kann es nach beinahe einem Jahr vorweisen? Sicher ist es richtig, hier die Rolle des Zentrums im Rahmen konkreter Forschungsarbeit zuallererst anzusprechen. Leider ist dabei eine gravierende Einschränkung zu protokollieren. Da das Zentrum nicht über eine eigenständige, zusätzliche Finanzierung verfügt, ist es nicht möglich, eine substantielle eigene Forschungsagenda zusätzlich zu den bestehenden Projekten aufzulegen. Für die Zukunft muss es das Ziel sein, durch eingeworbene Drittmittel diesen Mangel zu beheben. Trotzdem hat das Zentrum mit Blick auf die laufende Forschung zwei wichtige Implikationen. An erster Stelle wird es darauf ankommen, das synergetische Potential, das die materiellen und methodischen Ähnlichkeiten zwischen den Projekten bieten, auszuschöpfen. Dies geschieht bereits seit geraumer Zeit sehr erfolgreich in der Pflege einer gemeinsamen Forschungsbibliothek; doch gerade die Entwicklung neuer informationstechnologischer Werkzeuge dürfte darin interessante neue Wege und Perspektiven eröffnen. Der Aufbau gemeinsamer Forschungsdatenbanken, etwa für prosopographische oder bibliographische Daten, könnte in der Zukunft beträchtlichen Arbeitseinsatz sparen und Zwischenergebnisse auch über die Zielsetzungen der einzelnen Projekte hinaus verfügbar machen. Noch wichtiger dürfte es werden, in Zusammenarbeit mit der Telota-Initiative der Akademie, gemeinsame internetbasierte Publikationsplattformen zu entwickeln.<sup>6</sup> Tatsächlich wird es gerade auf dem Gebiet der elektronischen Publikation der Arbeitsergebnisse nur bei der Einigung auf gemeinsame Standards und Verfahrensweisen möglich sein, die Stabilität der Veröffentlichungen im Internet und überhaupt die Lesbarkeit und Verwendbarkeit der Daten mittel- und langfristig zu garantieren.

Abgesehen von einer solchen konkreten Kooperation in der Entwicklung gemeinsamer Forschungsinstrumente wird das Zentrum eine Rolle in der Fortentwicklung des interdisziplinären Dialogs spielen. Indem etwa die früher begonnenen Vortragsreihen fortgeführt, aber auch andere Formate (etwa Workshops) genutzt werden, wird das Zentrum die gemeinsame Diskussion aktueller Problemkreise, die projektübergreifend von Interesse sind, organisieren. Dieser wissenschaftliche Austausch, unabhängig von den Beschränkungen, die die tägliche Arbeitsroutine notgedrungen mit sich bringt, hat eine besonders wichtige Aufgabe, denn in diesem Rahmen wird es möglich sein, neue, zukunftsweisende Forschungsthemen zu identifizieren und zu erproben, die in der Weiterentwicklung der altertumswissenschaftlichen Forschungsagenda an der Akademie in der Zukunft eine Rolle spielen können.

Meiner Auffassung nach kommt diesen beiden Rollen des Zentrums entscheidende Bedeutung im organisatorischen Rahmen der akademiebasierten Forschung zu. Die strikte Begrenzung der maximalen Förderdauer einzelner Projekte und die Öffnung

---

<sup>6</sup> Die Website <http://www.bbaw.de/initiativen/telota/index.html>.

des Akademienprogramms für Projektanträge auch von außerhalb der Akademien wird jeden neuen Projektantrag in diesem Kontext in eine hochkompetitive Situation stellen. Es mag deshalb ausschlaggebend sein, ebenso eine überlegene Forschungsinfrastruktur zu entwickeln, wie an der Akademie Mechanismen zu etablieren, die in der Lage sind, exzellente Forschungsprojekte zu finden und zu formen, sodass sie in diesem Wettstreit erfolgreich sein können.

Ein zweiter Bereich, der durch das Zentrum bereits äußerst erfolgreich angefasst wurde, ist der der Lehre. Wie bereits festgestellt, verfügt das Zentrum über eine einzigartige Kompetenz auf dem Gebiet der praktischen Forschungsarbeit an primären Textquellen. Zudem verfügt es in seinen Archiven und Datenbanken über konkurrenzlose Materialbestände. Selbstverständlich ist derartige Kompetenz auch an den Universitäten präsent – es wäre schlimm, wenn es anders wäre! – doch an den Universitäten gibt es die starke Tendenz, dieses Gebiet der wissenschaftlichen Arbeit zu marginalisieren, einfach weil so viel elementares und theoretisches Wissen vermittelt werden muss.

Im Rahmen des Zentrums Grundlagenforschung Alte Welt können die Forschungsprojekte der Akademie sich bemühen, diese Lücke zu schließen. Dies geschieht beispielsweise im Rahmen von Sommerschulen, die international ausgeschrieben werden. So hielt im zurückliegenden Jahr das Akademienvorhaben Turfanforschung eine solche Sommerschule ab; im laufenden Jahr wird es eine epigraphische Sommerschule geben, diesmal in enger Zusammenarbeit mit dem Pergamon-Museum, das Zugang zu originalen Texten gewährt. Und für das kommende Jahr ist eine editionsphilologische Sommerschule geplant.

Zusätzlich zu solchen Sommerschulen engagieren sich zahlreiche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Forschungsvorhaben auch in der regulären Lehre an beiden Berliner Universitäten. Hier finden wir uns in einem besonders sensiblen Moment. Angesichts der Umstellung ihrer Curricula auf die neue Struktur der gestuften Studiengänge mit Bachelor- und Master-Abschlüssen wird den Universitäten gerade auf dem Gebiet der so genannten „kleinen Fächer“ ihre beschränkte Lehrkapazität schmerzhaft bewusst. Gleichzeitig wird allenthalben die Notwendigkeit gesehen, gerade die praktische und berufsbezogene Dimension der Universitätsausbildung zu stärken. Es liegt auf der Hand, dass hier die Projekte des Zentrums in einer hervorragenden Position sind, durch Seminare, Blockveranstaltungen und Praktika substantiell zu helfen. Und dies ist natürlich auch zum eigenen Besten der Projekte: Durch die Lehre erhalten sie die Möglichkeit, die nachwachsende Generation junger Wissenschaftler kennenzulernen und die Chance, besonders talentierte Studierende für die Forschung an der Akademie zu interessieren.

Das Anliegen, unsere Projektarbeit bekannt und zugänglich zu machen, bleibt jedoch nicht auf die akademische Sphäre beschränkt. Vielmehr fühlt das Zentrum die

Pflicht, auch ein breiteres Publikum anzusprechen. Gerade die Schulen sind hier wertvolle Partner. Als am Tage der offiziellen Eröffnung des Zentrums den Berliner höheren Schulen das Angebot gemacht wurde, die Forschungsprojekte des Zentrums an der Akademie zu besuchen, konnte der Ansturm an Anmeldungen nicht einmal durch Einrichtung eines zweiten solchen Besuchstages befriedigt werden. Deshalb wurde beschlossen, dieses Angebot für die Schulen auf eine kontinuierliche Basis zu stellen und regelmäßig Besuche in den altertumswissenschaftlichen Forschungsvorhaben der Akademie anzubieten.

Auch andere Formate, in denen ein breiteres Publikum angesprochen werden kann, wurden erfolgreich genutzt. Das Altägyptische Wörterbuch, zum Beispiel, organisierte eine Ausstellung über seine Arbeit in den Räumen des Ägyptischen Museums (SPK).<sup>7</sup> Dabei konnten wir die Erfahrung machen, dass der – wie man doch erst einmal meinen würde – spröde Gegenstand der altägyptischen Lexikographie nicht geringeres Publikumsinteresse fand als selbst die Büste der Nofretete, die damals im Raum gleich gegenüber unserer Ausstellung residierte. Eine weitere solche Ausstellung soll Ende November in Kooperation mit dem Museum für Islamische Kunst eröffnet werden.

An solchen konkreten Beispielen – die sich vermehren ließen – sollte deutlich geworden sein, dass es in der Tat einen Unterschied macht, ob es ein solches Zentrum gibt oder nicht. Aber wenn wir hier mit Befriedigung zusammenstellen, was die Akademie und ihre Forschungsprojekte anderen zu bieten haben, sollten wir darüber nicht verkennen, welchen Gewinn die Akademie selbst aus diesen Aktivitäten zieht. Auf mittlere und längere Sicht entsteht hier aus und in der Summe der Arbeit der einzelnen Projekte ein Kompetenz- und tatsächlich ein Exzellenzzentrum, das jenseits der Existenz der einzelnen Vorhaben, die jeweils zu einem bestimmten Zeitpunkt das Zentrum bilden, stabil ist und weiterentwickelt wird. In dieser Perspektive betrachtet, garantiert das Zentrum Grundlagenforschung Alte Welt die Nachhaltigkeit der Forschungsarbeit der einzelnen Projekte und die Kontinuität der altertumswissenschaftlichen Forschung an der Akademie überhaupt.

Die Neustrukturierung der altertumswissenschaftlichen Forschung an der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften schuf ein produktives, neues Umfeld für die Fortsetzung und Fortentwicklung wichtiger Projekte im Kontext der akademiebasierten Forschung. Man wird der ganzen Bedeutung dieser Entwicklung jedoch erst gerecht, wenn auch der weitere Kontext ins Auge gefasst wird.

---

<sup>7</sup> Die Dokumentation dieser Ausstellung ist im Internet unter <http://aaew.bbaw.de/wbhome/begleitHeft/index.html> verfügbar.

Gleich zu Beginn dieses Beitrags wurden die großen Institutionen Berlins, die Universitäten, die Museen, das Deutsche Archäologische Institut (DAI) und das Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte genannt. Unter diesen Institutionen haben wohl (abgesehen vom Max-Planck-Institut) die Museen und das Deutsche Archäologische Institut das am klarsten umrissene wissenschaftliche Profil – die Museen in der Aufgabe, ihre gewaltigen Sammlungen zu bewahren, zu erforschen und darzustellen, das DAI in den Ausgrabungsprojekten seiner Zweigstellen rund um den Globus. Es überrascht daher nicht, dass vor allem die Universitäten die Notwendigkeit sahen – auch unter scharfem politischen Druck – ihre spezifischen Stärken und Interessen zu identifizieren und nach außen sichtbar zu machen. Im Ergebnis dieser Reflexionsprozesse gründeten beide Berliner Universitäten – ganz wie die Akademie – Zentren als Rahmenstrukturen ihrer altertumswissenschaftlichen Forschung. Bereits im Jahr 2004 etablierte die Freie Universität ein „Interdisziplinäres Zentrum Alte Welt“,<sup>8</sup> im Jahre 2005 gefolgt von der Gründung des „August-Boeckh-Antikezentrums“ an der Humboldt-Universität.<sup>9</sup>

*Drei* altertumswissenschaftliche Forschungszentren in Berlin? Ist das nun nicht doch ein bisschen zuviel des Guten? Naturgemäß stand diese Frage im Raum, aber die Erfahrung zeigt, dass die Antwort darauf negativ lauten muss – und in dieser Erfahrung liegt meinem Verständnis nach eine der wichtigsten Lehren der Neustrukturierungsdebatte der Berliner Altertumswissenschaften. Es zeigte sich nämlich, dass sich – ganz anders, als man vorher befürchten konnte – die Zentren keineswegs duplizieren (oder gar triplizieren). Ganz im Gegenteil bildeten sie völlig natürlich ein komplementäres Muster. Mit Blick auf die Akademie wurde der spezifische Charakter ihres Zentrums bereits umrissen. Ihn definiert die (im weitesten Sinne verstanden) editorische Kompetenz, die hier versammelt ist. Es ist dies die auch ganz handwerkliche Philologie, Linguistik, Lexikographie und Prosopographie – eben Grundlagenforschung –, die in der Universitätsroutine so leicht in den Hintergrund tritt. Sie bildet die klare strategische Stärke der akademiebasierten Arbeit.

An der Freien Universität zeigte es sich, dass eine deutlich feldarchäologische Ausrichtung, verbunden mit einer tatsächlich weltweiten Orientierung (unter Einschluss also auch des Mittleren und Fernen Ostens und des amerikanischen Kontinents), die im Interdisziplinären Zentrum Alte Welt vereinten Institute charakterisiert. Dabei impliziert der Fokus auf die archäologische Feldarbeit auch eine enge Verbindung zu den naturwissenschaftlichen Disziplinen einerseits und andererseits den kulturanthropologisch-sozialwissenschaftlichen Fächern (Ethnologie, Soziologie, Geschichtswissenschaft).

---

<sup>8</sup> Die Website: <http://web.fu-berlin.de/izaltewelt/>.

<sup>9</sup> Die Website: <http://www.antikezentrum.hu-berlin.de/cms/index.php>.

Das August-Boeckh-Antikezentrum der Humboldt-Universität ist demgegenüber eng verbunden mit dem Sonderforschungsbereich der DFG „Transformationen der Antike“. Hier fokussiert das Interesse geographisch auf den Bereich des Klassischen (d. h. griechischen und römischen) Altertums, historisch auf die Epoche der späteren Antike. Zentrales Ziel ist es, Elemente und Muster antiker Kultur und antiken Denkens in ihrem Einfluss auf die jüngeren Epochen der europäischen Geschichte zu verstehen. Daraus ergeben sich enge Verbindungen zu Philosophie, Theologie und zum ganzen Gebiet der Kulturwissenschaften.

Nun sollen diese Charakterisierungen der Schwerpunkte der drei Zentren nicht den Eindruck wechselseitiger Inkompatibilität erwecken; ihr Sinn ist es vielmehr, die spezifischen Stärken und Zielrichtungen der verschiedenen Institutionen zu umreißen. Sie können damit auch als Leitlinien dienen, diese Stärken weiter zu stärken und die Schwerpunkte in Forschung und Lehre harmonisch fortzuentwickeln. Am wichtigsten ist es jedoch, dass die Einsicht in die spezifische Ausrichtung der einzelnen Forschungsinstitutionen keineswegs darauf zielt, sie voneinander zu isolieren, sondern gerade im Gegenteil in ihrer komplementären Zuordnung die Potentiale fruchtbarer Zusammenarbeit erst richtig sichtbar macht.

Dies wurde in der jüngsten und besonders viel versprechenden Frucht der erneuerten Kooperation zwischen den Berliner Institutionen auf dem Gebiet der Altertumswissenschaften deutlich, nämlich dem Antrag für einen Exzellenzcluster im Rahmen der Exzellenzinitiative, der der Berliner Altertumswissenschaft beträchtliche neue Forschungsmittel erschließen würde. Dieser Antrag „Topoi – The Formation and Transformation of Space and Knowledge in Ancient Civilizations“ wurde von Kolleginnen und Kollegen an der Freien Universität initiiert und als gleichgewichtige Kooperation beider Berliner Universitäten ausgearbeitet und eingereicht. Thematisch ist sein Ziel die Erforschung der Verknüpfung von Raumkonzeptionen und kulturellem Wissen in den Kulturen der Alten Welt.

Bei der Ausarbeitung dieses Projekts wurde überdeutlich, wie eine so ausgedehnte und tiefeschürfende Forschungsagenda, deren Ziel es ja sein muss, die Wechselwirkungen materieller Lebensbedingungen und menschlichen Denkens in einer historischen Perspektive aufzuklären, erfolgreich überhaupt nur in der Bündelung der Expertise aller Berliner Forschungsinstitutionen in Angriff genommen werden kann. An diesem Projekt ist selbstverständlich auch die Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften beteiligt. Schließlich liegt es auf der Hand, dass ihre großen Forschungsprojekte eine unschätzbare empirische Datenbasis zur Verfügung stellen können, ohne die sich an eine Beantwortung entscheidender Fragen gar nicht denken ließe. Soll beispielsweise die Strukturierung des Raumes in Siedlungen ebenso wie Landschaften der Alten Welt analysiert werden, müssen monumentale Inschriften und ihre Verteilung eine entscheidende Rolle spielen. Oder wenn es darum geht, die



linguistische Modellierung des physischen und sozialen Raumes kulturvergleichend zu untersuchen, um aufzuklären, wie mentale Modelle soziales Handeln beeinflussen, so wird das Textcorpus des Altägyptischen Wörterbuches dabei eine unersetzliche Ressource bilden. In diesem Punkt kann unsere Akademie noch mit weiteren Stärken aufwarten, verfügen doch ihre anderen digitalen Wörterbuchprojekte über weit überlegene methodologische Expertise in der Analyse und Konzeptualisierung solcher Datenbestände. Die Kompetenz dieser Forschergruppen ist in einem anderen Zentrum der Akademie – dem „Zentrum Sprache“ – gebündelt. Und das Altägyptische Wörterbuch hat das Glück, auch in diesem Zentrum Gaststatus zu genießen und dadurch eine direkte Verknüpfung zwischen diesen beiden Kompetenzfeldern herstellen zu können.

Man mag fragen, ob das Zentrum Grundlagenforschung Alte Welt in diesem Zusammenhang von Bedeutung ist. Natürlich könnten auch ohne das Zentrum einzelne Projekte und einzelne Forscher der Akademie als Partner im Rahmen der Konzeption des Exzellenzclusters auftreten. Die Leistung, die sie dazu beitragen, die Leistung der Akademie, würde dann jedoch in der Struktur des gewaltigen Gesamtprojekts unsichtbar werden. Da jedoch das Zentrum existiert, können wir als geschlossene Forschungseinheit der Akademie in die Zusammenarbeit mit den Universitäten und den anderen Institutionen eintreten.

Institutionelle Sichtbarkeit zu wahren – so legitim auch das unbedingt ist – ist hier jedoch nicht einmal das wichtigste Anliegen. Vielmehr bezeugt die Gründung des Zentrums Grundlagenforschung Alte Welt an der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften das dauerhafte Engagement dieser Institution in der Förderung und Fortentwicklung altertumswissenschaftlicher Forschung. Und da im Rahmen der Exzellenzinitiative die nachhaltige Wirkung auf die Forschungsstrukturen der Region im Mittelpunkt des forschungspolitischen Anliegens steht, ist es entscheidend, dass die Akademie als Institution mit ihrem Zentrum für eine Form der zuverlässigen Kontinuität steht, wie sie ein einzelner Kooperationspartner niemals gewährleisten könnte. Sofern dieser Antrag erfolgreich ist – wie wir es alle hoffen – wird er den Ausgangspunkt eines neuen Niveaus der Zusammenarbeit der Berliner Institutionen bilden. Als institutioneller Rahmen dafür soll ein Berliner Antike-Kolleg als Dachorganisation der altertumswissenschaftlichen Forschung begründet werden, innerhalb dessen das Zentrum Grundlagenforschung Alte Welt unserer Akademie eine wichtige Rolle spielen wird. In jedem Falle aber markiert die gemeinsame Antragstellung eine neue Qualität der Zusammenarbeit der Berliner Altertumswissenschaft, hinter die niemand mehr zurückfallen darf oder will.

Bis zu diesem Punkt blieb der Blick auf die Berliner Situation beschränkt – einfach weil sich gerade hier in den letzten wenigen Jahren so wichtige Entwicklungen voll-

zogen haben. Es wäre jedoch ein kategoriales Missverständnis, daraus zu schließen, dass die Berliner altertumswissenschaftliche Forschung aus einer lokalen Kirchturmsperspektive (vielleicht eines sehr großen Kirchturms ...) denkt. Dies ist natürlich nicht der Fall. Ganz im Gegenteil sind es ja gerade die so genannten „kleinen Fächer“, die notorisch groß denken und grundsätzlich die internationale Perspektive im Blick haben. Natürlich gibt es – erfreulicherweise – etliche Ägyptologen in Deutschland; aber es gibt nicht und gab nie eine „deutsche Ägyptologie“. Schon unsere Studierenden vom ersten Semester an lernen zu verstehen, dass die Ägyptologie als Disziplin entweder international ist oder gar nichts; und sie lernen, gerade daran Freude zu haben. Und dies gilt für alle fachlichen Spezialisierungen der altertumswissenschaftlichen Forschung.

Deshalb stehen sämtliche Projekte unseres Zentrums Grundlagenforschung Alte Welt in vielfältigen Netzwerken internationaler Kontakte. Es ist überflüssig, sie hier im Einzelnen zu katalogisieren, jedoch scheint es sinnvoll, einen überraschenden strukturellen Aspekt anzusprechen. Fast alle Kolleginnen und Kollegen, die ich zur Vorbereitung dieses Beitrags nach ihren internationalen Kontakten befragt habe, begannen ihren Bericht mit einigen wenigen formalen Kooperationsbeziehungen zu auswärtigen Akademien, Museen und Universitäten. Aber dann folgte eine lange Liste informeller Arbeitskontakte mit erstrangigen Gelehrten auf der ganzen Welt. Und dies entspricht auch meiner eigenen Erfahrung aufs Haar. Tatsächlich macht es ja den Charme der (institutionell) kleinen Fächer aus, dass hier persönlicher Kontakt und Freundschaft quer über nationale und hierarchische Grenzen an der Tagesordnung sind. Warum, so denken wir, sollten wir formelle Kooperationsvereinbarungen schreiben? Statt auf institutionelle Konstruktionen verwenden wir lieber unsere Zeit auf die Forschungsarbeit selbst – und dies ist so effizient, dass man kaum auf den Gedanken kommt, es anders zu halten.

Aber man läuft Gefahr darüber zu vergessen, dass dieser Art, die Dinge zu handhaben, doch auch klare Grenzen gezogen sind. Ich will dies an einem Beispiel illustrieren, das mir mein Kollege Manfred Schmidt, der die Berliner Arbeitsstelle des Corpus Inscriptionum Latinarum leitet, beredt auseinandergesetzt hat. Tatsächlich ruht dieses Projekt, das die definitiven Publikationen lateinischer Inschriften aus dem ganzen früheren Imperium Romanum bietet, auf originaler epigraphischer Grundlagenarbeit, die in fast allen europäischen Ländern (und nicht nur dort) geleistet wird. Epigraphiker in Museen, Universitäten und denkmalpflegerischen Institutionen entdecken, beschreiben und kopieren Inschriften und stellen diese Materialien schließlich dem Berliner Projekt zur Verfügung. In der Realität ist das Unternehmen also eine gewaltige europäische Kooperation, aber ihre organisatorische Struktur ist fragmentiert. Forschungsarbeit wird an verschiedenen Orten durch völlig unterschiedliche Institutionen finanziert, die sich vielleicht kaum bewusst sind, welche Wichtig-

keit ihre Arbeit in größerem Kontext hat. Meiner Auffassung nach liegt darin die Gefahr, der Kontinuität der Arbeit eine nur fragile Grundlage zu bieten. Gerade in diesem Fall wäre es sicher der Mühe wert, über Instrumente transnationaler Förderungen und internationaler Kooperation nachzudenken, für die angemessene Strukturen zu schaffen wären.

Es ist natürlich kein Zufall, dass eine solche Notwendigkeit transnationaler Zusammenarbeit gerade bei einem Projekt unabweislich wird, dessen Internationalität in seine Materialbasis historisch eingeschrieben ist. Aber es liegt auf der Hand, dass auch andere Projekte von Instrumenten internationaler Projektorganisation und Forschungsförderung substantiell profitieren könnten. Der Reiz der informellen, persönlichen Kooperation wird uns dabei erhalten bleiben.

Wenn ich rückschauend die Erfahrung meiner Kolleginnen und Kollegen an Akademie und Universität, wie auch meine eigene, in diesem langen Prozess der Entwicklung und Etablierung neuer Strukturen der altertumswissenschaftlichen Forschung in Berlin während der letzten Jahre zusammenzufassen versuche, ist an erster Stelle freimütig einzugestehen, dass es wiederholt nicht leicht war, Konsens darüber zu erzielen, wie unsere Forschungsgegenstände als Elemente größerer Kontexte und Strukturen der Zusammenarbeit zu positionieren wären. Hier war es entscheidend, bei der Schaffung neuer, größerer Strukturen großen Respekt auch vor den kleinen Strukturen konkreter Forschungsarbeit walten zu lassen. Nur so konnte die Gefahr vermieden werden, amorphe Hüllen zu schaffen, in denen sich niemand zu Hause fühlen kann. Immerhin ist die Berliner Altertumswissenschaft nun, nach dem Abschluss ihrer Neustrukturierung erstmals in der Lage zu erleben, welche Vorteile und Stärken diese neuen Strukturen unserer wissenschaftlichen Arbeit geben, und wir sehen, dass dies nutzbringende Diskussionen waren und wir guten Grund haben, mit großem Optimismus in die Zukunft der altertumswissenschaftlichen Forschung in Berlin zu blicken.

Akademische Causerie

10. Oktober 2006



# Die gebellte Sprache: Über das Deutsche

## 1 Deutsch bellen

Am 26. Mai 2006 hatte der berühmte britische Komiker John Cleese von Monty Python in einem Interview mit der *FAZ* folgendes bemerkt: „Viele Engländer, die wie ich ihre Jugend damit verbrachten, im Kino dauernd zu sehen, wie sich Engländer aus deutschen Kriegsgefangenenlagern befreien, denken, Deutsch sei ein Sprache, die gebellt wird.“ Dass das Deutsche gar keine gesprochene, sondern eine gebellte Sprache ist, ist nun nicht nur eine irgendwie ulkige englische, sondern eine ziemlich schreckliche gesamteuropäische Erfahrung. Ganz Europa hat das deutsche Gebell gehört, es hat sich tief in das Gedächtnis der Völker eingegraben. Und Europa und Amerika haben dieses Gebell in Hunderten von Filmen über den Krieg und die deutschen Greuelthaten immer wieder nachgespielt. Wenn man heute in Italien oder in Großbritannien den Fernseher einschaltet, schallt einem in kürzester Zeit gebrülltes Deutsch entgegen: „Jawoll, Herr Obersturmbannführer!“, „Antreten!“ etc. Das Gebell ist in den Medien Europas präsent, es gibt keine Hoffnung auf ein Verklingen. Die mediale Endlosschleife stellt das gebellte Deutsch ewig ins Gedächtnis der Völker. Das im Krieg und in den Konzentrationslagern gebrüllte Deutsch hat die Stellung dieser Sprache in der Welt, aber auch in der eigenen Sprachgemeinschaft bleibend beschädigt.

Was ist geschehen? „Deutschland“, das war ja zuerst eine sprachliche Einheit, keine politische. Der Ausdruck „deutsch“ bezieht sich zunächst auf die Sprache, „diutisk“ heißt „volkstümlich“, von *diot*, „Volk“, und es meint die germanische Volks-Sprache im Gegensatz zum Lateinischen als Staats-, Kirchen- und Gelehrten-Sprache. Das Adjektiv taucht Ende des 8. Jahrhunderts auf. In den Straßburger Eiden von 842 etwa ist *teudisca lingua* der Name für die germanische Volkssprache, der hier das Französische als *romana lingua* gegenübersteht. Die *lingua teudisca* ist seit der Sesshaftwerdung der Germanen in der mitteleuropäischen Zone ein Ensemble von deutlich unterschiedenen Dialekten, die wir ja immer noch unterscheiden: Alemanisch, Bairisch, Fränkisch, Mitteldeutsch, Niederdeutsch. Das Ensemble der „deut-

schen Nationen“ entwickelt etwa seit dem 15./16. Jahrhundert eine gemeinsame geschriebene Sprache, die über den deutschen Dialekten schwebt und sogar die große innerdeutsche Sprachgrenze zwischen den niederdeutschen und den oberdeutschen Dialekten überspannt. Diese *koinè*, diese gemeinsame Schriftsprache, diente zunächst der Verwaltung und der Religion (16. Jhd.), später auch der Literatur (17. Jhd.) und noch später der Philosophie (18. Jhd.) und der Wissenschaft (19. Jhd.) – ungefähr in dieser Reihenfolge.

Die Schreiber dieser gemeinsamen Sprache, die man sich bis ins 19. Jahrhundert hinein nicht so einheitlich vorstellen darf wie heute, aber lebten in sehr verschiedenen politischen Strukturen. Das Heilige Römische Reich deutscher Nation ist ja seit dem 14. Jahrhundert eine eher ideelle politische Einheit, es umfasst im übrigen auch viel mehr als nur deutsch(sprachig)e Länder, und diese umfasst es nicht alle. Es ist nicht Deutschland, und es ist eigentlich keine politische Struktur, die die Menschen wirklich erleben. Der Kaiser war noch weiter entfernt von seinen Untertanen als die Brüsseler Bürokratie heute. Die Deutschen lebten im Herzogtum Bayern, in Frankfurt, in der Mark, in der Grafschaft Thüringen, im Bistum Mainz, in der Steiermark usw., nicht in Deutschland. „Deutschland“ ist – wie der nationalistische Dichter Arndt Anfang des 19. Jahrhunderts schreibt – das Land, „soweit die deutsche Zunge reicht“, keine politische Größe. Erst 1871 wird ein großer Teil von „Deutschland“ ein Staat.

Dies steht im übrigen in schärfstem Gegensatz zur Geschichte unserer französischen Nachbarn: Frankreich ist zunächst eine *politische* Einheit, das Königreich hat von 843 bis 1328 die Form, die es in der Reichsteilung 843 erhalten hat, und im 17. Jahrhundert hat es dann mehr oder minder die heutige Ausdehnung. Aber nur der Norden dieses Staates sprach französisch, er ist bis ins 19. Jahrhundert hinein ein multiethnischer Staat, der seine sprachliche Einheit erst Mitte des 20. Jahrhunderts durch die Wirkung des Staates erreicht. Der Staat ist sozusagen ein Glück für die französische Sprache. Die sprachliche Einheit Frankreichs ist eine sehr junge Errungenschaft, wahrscheinlich wacht Frankreich deswegen so sorgsam über diese prekäre und schwer errungene sprachliche Einheit.

Deutschland dagegen ist umgekehrt sprachlich schon seit Jahrhunderten da, bevor es eine politische Größe, ein Staat, wird. Und das ist dann – anders als in Frankreich – kein Glück für die deutsche Sprache. Denn diese Staatswerdung endet in sehr kurzer Zeit in einer Katastrophe für die deutsche Sprache. Der aus dem Krieg geborene neue deutsche Staat wird in den ersten fünfundsiebzig Jahren seiner Existenz Europa zweimal in den Krieg stürzen und beim zweiten Mal sich selbst und ganz Europa so gründlich zerstören, dass auch die deutsche Sprachgemeinschaft in extreme Gefahr gerät. Der deutsche Staat begeht die schrecklichsten Verbrechen der Menschheitsgeschichte, und er brüllt dabei das Deutsche so in die Welt, dass die Stellung

dieser Sprache in der Welt und in der eigenen Sprachgemeinschaft und letztlich die Einheit und der Bestand dieser Gemeinschaft gefährdet ist. Das Schicksal der deutschen Sprache hängt zutiefst mit diesem politischen Schicksal zusammen. Wir sehen das heute besser als vor fünfzig Jahren. Wir erkennen nämlich jetzt die Langzeitwirkungen.

Meine These ist: Die Deutschsprecher sind von dem großen Verbrechen traumatisiert, dessen sprachliches Medium die deutsche Sprache war. Die deutschen Sprecher des Deutschen selbst vielleicht noch mehr als die anderen Germanophonen in den anderen Ländern, in Frankreich, der Schweiz, Österreich, Belgien, Luxemburg. Für die Deutschen ist das Trauma vielleicht am schwersten zu ertragen, weil das große Verbrechen ja ein selbstaufgelegtes Trauma ist. Es war, wie der französische Sprachwissenschaftler Hagège in einem den europäischen Sprachen gewidmeten Buch gesagt hat, ein „génocide étrangement suicidaire“ (Hagège 1994, S. 69). Bei allem Respekt für die wirklichen Opfer der Deutschen möchte ich sagen, dass die deutsche Sprache das große *kulturelle* Opfer Hitlers ist. Es ist vermutlich sein größtes kulturelles Opfer – und sein letzter Triumph.

Das ist natürlich insofern gar nicht mit dem Opfer von Menschen zu vergleichen, als Sprachen ja keine Wesen sind, denen man Schmerzen zufügen kann oder die man quälen und töten kann. Sie sind – wie anderes – nur kulturelle Techniken und Werke. Natürlich hat es der Frauenkirche nicht wehgetan, zerstört zu werden. Sie war aber trotzdem ein Opfer des Krieges. In diesem Sinne will ich mit der Formel von „Hitlers größtem kulturellem Opfer“ sagen, dass die deutsche Sprache das kulturelle Produkt der Deutschen ist, das mehr als alle anderen kulturellen Werke oder Techniken die Last der Erinnerung trägt und das unter dieser Last zusammenbricht. Im Gegensatz zu den im Bombenhagel verschwundenen brennbaren Kultur-Schätzen, sehen wir das bei diesem nicht-brennbaren Kulturgut erst jetzt in aller Deutlichkeit.

Jeder Sprecher des Deutschen, der vor dem Krieg stolz war, ein Sprecher der Sprache Goethes zu sein, weiß nach dem Krieg, dass er auch ein Sprecher der Sprache Hitlers ist, der diese Sprache unvergesslich in Europas Ohr gebrüllt hat, oder eben ein Sprecher der Sprache, deren Gebell die Opfer der KZs auf ihrem Weg in den Tod begleitete. Ganz Europa hat dies erfahren und in seine Erinnerung eingeschrieben; und auch die Beller und ihre Nachfahren können es nicht vergessen. Ich erinnere mich noch des überraschten Staunens meines besten Freundes, eines französischen Jungen, als ich ihm – wir waren beide 16 Jahre alt – ein deutsches Gedicht vorsprach. Er konnte es nicht fassen, 1959, dass dies Deutsch sein sollte, es war ja nichtgebellte Sprache.

Ich glaube nun, dass diese Erinnerung, das Gefühl der Schuld und der Scham, eine spezifisch deutsche „Sprachscham“, die sprachhistorischen Veränderungen, die derzeit ähnlich auch in anderen europäischen Sprachgemeinschaften stattfinden, stark



beeinflusst. Die deutsche Sprachscham gibt diesen sprachhistorischen Entwicklungen hierzuland ihre ganz besondere Dramatik.

Was wir die Diasysteme der Einzelsprachen nennen, verändert sich derzeit überall in Europa dramatisch. Wir meinen mit „Diasystem“ das Gefüge von Varietäten einer Einzelsprache, die ja niemals nur eine einheitliche Gemeinsprache ist. Die gemeinsame Kultursprache überwölbt normalerweise als Dach das Haus der Sprache. Die Sprache insgesamt ist aber ein Ensemble von verschiedenen Redeweisen, die sich je nach der geographischen Situation, der sozialen Schicht und der Redesituation stark verändern können. Das Haus der deutschen Sprache hat viele Zimmer im Erdgeschoss, im ersten Stock – also gesellschaftlich eine Schicht höher – wird aber schon ein bisschen anders gesprochen und wieder anders an der gesellschaftlichen Spitze. Außerdem verändert sich eine Sprache ja nach Kommunikationssituation: die Sprecher einer Sprache sprechen anders auf dem Flur mit der Nachbarin, als wenn sie einen wissenschaftlichen Vortrag halten müssen. Es kann also zum Beispiel sein, dass ich mit meiner Mutter richtig schön (Frankfurter) Dialekt rede, dann auf der Straße mit dem aus Hamburg stammenden Nachbarn ein dialektal gefärbtes Umgangdeutsch und schließlich in der Universität Standarddeutsch oder Hochdeutsch, das wenig dialektal gefärbt ist (zumindest bemühe ich mich darum). Und wenn ich das aufschreibe, wird es wieder anders: der dialektale Klang schwindet völlig in der Schrift.

Ein solches Diasystem ist immerzu in historischem Wandel begriffen. Ich will im Folgenden drei Dimensionen der aktuellen Transformation dieses Gefüges betrachten: 1. das Verhältnis der nationalen Sprache zur internationalen Sprache Englisch; 2. das Verhältnis der Nationalsprache als gemeinsame Standardsprache zu ihren diatopischen Varietäten, das heißt zu den Dialekten; und 3. das Verhältnis der eingeborenen Sprache zu den Sprachen der Immigranten.

## 2 Prestigediskurse: Nationalsprache und Globalsprache

2.1 Die Wirkung der Sprachscham ist am eindeutigsten und klarsten am Sprachverhalten der Eliten nach dem Krieg zu sehen: Bis 1933, bis zur nationalsozialistischen Machtergreifung und bis zur Emigration Einsteins, war das Deutsche – zusammen mit dem Englischen und dem Französischen – eine internationale Sprache der *Wissenschaften*. Besonders in den Naturwissenschaften, in Physik und Chemie allemal, aber auch in Philosophie und Geisteswissenschaften – gerade auch in meiner Wissenschaft, der Sprachwissenschaft – war das Deutsche eine internationale Wissenschaftssprache. Es hatte diese Position erst im 19. Jahrhundert erreicht und über den Ersten Weltkrieg hinaus halten können, der schon dem Ansehen des Deutschen

erheblich geschadet hatte.<sup>1</sup> In der Nazizeit wird schon mit der Emigration vieler bedeutender jüdischer Wissenschaftler aus Deutschland das Deutsche als Wissenschaftssprache erheblich geschwächt: Roman Jakobson, der berühmte russische Linguist, schreibt noch auf der Flucht vor den Deutschen ein berühmtes Buch auf Deutsch, das 1940 in Schweden erscheint: *Kindersprache, Aphasie und allgemeine Lautgesetze*. Erich Auerbach schreibt *Mimesis* in der Emigration auf Deutsch, es erscheint 1946 in der Schweiz. Aber dann, in der amerikanischen Emigration, gehen diese und viele andere große Wissenschaftler deutscher Sprache zum Englischen über: der Literaturwissenschaftler Leo Spitzer, der Philosoph Leo Strauss, der klassische Philologe Werner Jäger, der Philosoph Ernst Cassirer, der Psychologe Heinz Werner usw. usw.

Nach dem Krieg werden nur noch wenige Werke auf Deutsch von Nicht-Deutschen geschrieben, alle sind inzwischen zum Englischen übergegangen. Aber auch die deutschen Wissenschaftler in Deutschland, vor allem die Naturwissenschaftler, beeilen sich, ihre Publikationen auf Englisch umzustellen. Es gibt dann in den 80er Jahren einen berühmten Aufsatz von Hubert Markl mit dem Titel „Die Spitzenforschung spricht englisch“. Dieser Titel stellte 1986 ein Faktum fest, zumindest für die Naturwissenschaften, er klang aber gleichzeitig eher wie ein Triumph als wie eine bloße Feststellung. So als wollte Markl sagen: wir Spitzenforscher sind endlich im Englischen angekommen. Ammon hat diesen Bedeutungsverlust des Deutschen in zwei Büchern eindrucksvoll dargestellt.<sup>2</sup>

Diese Entwicklung ist nicht nur eine Folge der überwältigenden Dominanz der amerikanischen Forschung und der Vorrangstellung der amerikanischen Kultur in allen Bereichen. Das ist sie natürlich auch. Aber die besondere Folgsamkeit, die besondere Eile, mit der die Deutschen zum globalen Englisch überwechselten, hat damit zu tun, dass sie von der Wertlosigkeit ihrer eigenen Sprache überzeugt waren. Das Deutsche war ein politisch gezeichnetes Medium – keine gute Voraussetzung für wissenschaftliche Publikationen. Eine von den Deutschen brutal überfallene Welt hatte keine Lust mehr, diese Sprache zu lesen oder zu hören, geschweige denn zu lernen. Deswegen war das Globalesische natürlich für deutsche Wissenschaftler ein höchst willkommenes Mittel, nach dem Desaster wieder an der internationalen Gemeinschaft der Wissenschaft teilzunehmen, auf internationalen Kongressen mitzuwirken, beziehungsweise andererseits aus der Gemeinschaft derer auszutreten, die gerade die scheußlichsten Verbrechen der Menschheit begangen hatten. Sprachloyalität, wie die Linguisten das nennen, *language loyalty*, war unter diesen Umständen von deutschen Forschern nicht zu erwarten.

---

<sup>1</sup> Vgl. das Schema in Ammon (1991, S. 254).

<sup>2</sup> Vgl. Ammon (1991) und (1998).

Auch die Sozialwissenschaften, besonders solche mit naturwissenschaftlichem Anspruch, die Psychologie, die Politologie gehen zum Englischen über. Die Geisteswissenschaften zögern noch. Das hängt damit zusammen, dass Geisteswissenschaftler ihre Sprache brauchen, beziehungsweise die Sprache, die sie am besten können, um wissenschaftlich zu arbeiten. Sprache ist uns ja nicht nur bloßes Mittel der Verlautbarung außersprachlich vollzogener wissenschaftlicher Operationen (Messungen, Manipulationen, Berechnungen), sondern der wichtigste Gegenstand und das Medium zugleich, in dem wir unsere Erkenntnisse erschaffen, die selber gerade wesentlich sprachliche Erkenntnisse sind. Wir müssen also die Sprache verwenden, die wir am besten können, dies ist im Moment noch Deutsch. In diesem Zusammenhang pflege ich zu sagen, dass bisher noch kein wirklich bedeutendes geisteswissenschaftliches Werk von einem in Deutschland lebenden Geisteswissenschaftler auf Globalesisch verfasst worden ist. Aber der Druck auf uns ist enorm, und wir wollen ja auch gern in Poughkeepsie und Hongkong gelesen werden. Also wird sich auch hier das Deutsche vermutlich nicht mehr lange halten. Wolf Lepenies hat sein letztes Buch auf Englisch geschrieben (allerdings während eines Amerikaaufenthaltes). Es beginnt.

Ein anderer Elite-Diskurs als derjenige der Wissenschaft ist der Diskurs der *Wirtschaft*, also der Diskurs der eigentlichen Elite.<sup>3</sup> Auch dieser ist schon lange ins Globalesische übergegangen, an der Zentrale von Siemens in München wird schon seit langem englisch gesprochen und geschrieben. Das Kapital hat keine Heimat und folglich auch keine bestimmte Sprache. Als die Nationalstaaten noch der Rahmen für wirtschaftliches Handeln waren, waren die Nationalsprachen willkommen, inzwischen sind diese Rahmen längst gesprengt. Das Kapital agiert global, seine Sprache ist das Globalesische.

Die deutsche *Diplomatie*, das dritte Beispiel für Elite-Rede, hat das Deutsche in den internationalen Beziehungen aufgegeben – in Europa ausdrücklich und programmatisch seit dem Eintritt der Briten in die Europäische Gemeinschaft und erneut nach dem Fall der Mauer und der Öffnung Europas nach Osten.<sup>4</sup> Gegenüber dem Französischen behauptete sich das Deutsche noch im kleinen Europa der unmittelbaren Nachkriegszeit, gegen das Englische ließ man aber allen Widerstand fahren und sprach seit den siebziger Jahren englisch. Als das viel besser deutsch als englisch sprechende Osteuropa die politische Bühne Europas wiederbetrat, hat Deutschland nicht deutsch mit ihm gesprochen, sondern der englischen Sprache – und den massiv auftretenden Briten und Amerikanern – den Vortritt gelassen. Osteuropäer sprechen

---

<sup>3</sup> Vgl. Münkler/Straßenberger/Bohlender (Hrsg. 2006).

<sup>4</sup> Vgl. Stark (2000).

daher – fünfzehn Jahre danach – mit den Deutschen immer weniger deutsch. Das erweiterte Europa ist anglophon.

Schließlich ist die *Werbung* zu erwähnen, die die Prestige-Diskurse nachhüllt: Geworben wird in Deutschland mehr und mehr direkt auf Englisch: „Come in and find out“ (übrigens mit deutschem Akzent gesprochen!). Selbst wenn sie deutsch scheint, ist sie noch englisch: „Ich liebe es“, ist die Interlinearversion von „I love it“, aber nicht deutsch.

Kurzum: Die deutschen Eliten haben in den internationalen Elite-Diskursen das Deutsche aufgegeben. Sie sprechen globalesisch mit der Welt. Selbst wenn sie deutsch sprechen könnten, weil ihre internationalen Partner diese Sprache eigentlich besser können, sprechen sie englisch. Das letztere würde unseren französischen Freunden niemals in den Sinn kommen. Dass dies so ist, ist eben nicht nur der Effekt der anglo-amerikanischen Welt-Dominanz, sondern, in seiner besonderen Willfährigkeit, Geschwindigkeit und Gründlichkeit, eine Folge der durch das Sprachgebell verlorenen Sprachloyalität. Englisch sprechend schleiche ich mich heraus aus der Gemeinschaft derer, die Zyklon B entwickelt und angewendet haben. Englisch sprechend bin ich nicht nur international, sondern auch unschuldig.

2.2 Das Deutsche – ich spreche hier natürlich immer vom Hochdeutschen, vom Standarddeutschen, also der kultivierten geschriebenen und gesprochenen Norm dieser Sprache – ist damit auf die nationalen Verwendungsweisen reduziert, also auf die Presse, die Literatur im engeren Sinne, Verwaltung und Rechtsprechung und nationale Politik. Das ist zwar immer noch ganz schön, aber durch den Verlust der höchsten (internationalen) Rede-Felder sinkt der Status, wie die Linguistik das nennt, also das Ansehen der Sprache in der Sprechergemeinschaft. Eine solche Schwächung des Status hat immer auch Konsequenzen für den sogenannten *Ausbau* der Sprache, also für die Sorge um die Wörter selbst, für das *Korpus*. Zweitens droht diese Status-Schwächung, die Standardsprache dort völlig zum Verschwinden zu bringen, wo die Dialekte, die regionalen Varietäten dieser Sprache, noch eine starke Stellung bewahren.

Die Status-Schwächung des Deutschen geschieht mit der aktiven Unterstützung der offiziellen Kultur-Politik dieses Landes, die den Prozess erheblich beschleunigt. Deutschland hat seit dem Krieg – insbesondere seit den 70er Jahren – ja seine „nationalen“ Belange stark und programmatisch reduziert: Seitdem der Nationalsozialismus als kriminelle Übertreibung nicht nur des Nationalismus, sondern des Nationalen überhaupt gedacht wird, gilt alles „Nationale“ – wie die gemeinsame Sprache – als verdächtig. Auswege aus dem diskreditierten Nationalen finden die Deutschen im Regionalen einerseits und im Internationalen andererseits.

Was das Regionale angeht: Es gibt in Deutschland ja kaum nationale Kultur-Institutionen, und die jetzt noch bestehenden werden durch die sogenannte Föderalismus-

Reform weiter geschwächt. Kultur und Bildung sind die Faustpfänder der Länder. Kultureller Föderalismus schwächt zunehmend die nationale Sprache. Der kulturelle Internationalismus auf der anderen Seite favorisiert massiv und geradezu ausschließlich das Englische. Das Adjektiv *international* bedeutet in Deutschland niemals wirklich „international“, sondern eigentlich immer „anglophon“. In Wendungen wie „Internationale Schule“ ist fast immer eine englischsprachige Schule gemeint. Eine staatliche Aktivität zur Verteidigung und Förderung der Nationalsprache, wie sie etwa in Frankreich existiert, eine „défense et illustration de la langue allemande“, ist in Deutschland undenkbar. Institutionen wie die Deutsche Akademie für Sprache und Dichtung haben, verglichen mit der französischen, überhaupt nichts zu sagen. Sie ist natürlich auch keine *staatliche* Einrichtung, sondern ein Verein, der mit öffentlichen Geldern funktioniert. Offensichtlich geniert sich der Staat, Sprache und Dichtung direkt unter seine Fittiche zu nehmen.

Die Sprache, die Deutschland dagegen wirklich verteidigt und illustriert, ist nicht seine eigene, sondern das Englische. Die europäischen Völker haben seit dem 16. Jahrhundert ihre eigenen Volkssprachen geliebt, gepflegt und gehegt (*amore della lingua, cura della lingua*). Die meisten europäischen Völker tun dies auch immer noch. Die Deutschen aber haben nun ihre Sprachliebe auf das Englische transferiert: Sie haben das Englische in Kindergärten und Grundschulen eingeführt, sie bieten in ihren höheren Schulen die wichtigsten Fächer inzwischen auf Englisch an (Geschichte, Politik, Naturwissenschaften), die Universitäten werden zum Umstellen des Lehrbetriebs auf Englisch gedrängt. Der deutsche Bundeskanzler Schmidt sprach schon vor langer Zeit vor einem Deutschlehrer-Kongress in Korea englisch und beantwortete auch auf Deutsch gestellte Fragen englisch. Ein deutscher Diplomat in Kasachstan hält eine Rede auf Englisch vor Menschen, die diese Sprache nicht können – wohl aber Deutsch.<sup>5</sup> Solche Geschichten lassen sich vervielfachen – und ich vermute, dass sich alle unsere ausländischen Freunde, die sich der Mühe des Deutschlernens unterzogen haben, schon in der Situation befunden haben, wo Deutsche mit ihnen insistent englisch gesprochen haben, obwohl klar war, dass sie gut Deutsch können.

2.3 Diese Situation, also der Statusverlust des Deutschen bei den Deutschen, hat besonders dramatische Konsequenzen für das zweite Problem in der Beziehung zwischen der Nationalsprache und der International-Sprache. Sie hat, wie die Soziolinguistik das nennt, Folgen für das Korpus des Deutschen. Natürlich sind alle Sprachen der Welt den Einflüssen des mächtigen Englisch ausgesetzt. Das bleibt bei der gewaltigen Dominanz der amerikanischen Kultur und Politik nicht aus. Aber keine Sprache hat sich nach meiner Beobachtung in solchem Maße den amerikanischen Spracheinflüssen geöffnet wie das Deutsche. Der *Spiegel* hat das in seiner Titelge-

---

<sup>5</sup> Vgl. Weydt (2004).

schichte vom 2. Oktober 2006 zu Recht wieder einmal herausgestellt. Dafür kann das amerikanische Englisch nichts, dies ist ganz allein der kulturellen Schwäche des Deutschen geschuldet. Wie das Deutsche schon einmal im 17./18. Jahrhundert – geschwächt durch den ersten Dreißigjährigen Krieg – vor dem kulturell und politisch überlegenen Französisch in die Knie ging, so sinkt es nun erneut unter dem Einfluss des amerikanischen Englisch.

Man könnte natürlich auch denken, dass dies eine Bereicherung sei, die ja ein Sprachkontakt durchaus bewirken kann. So ist das Deutsche im Verlaufe seiner Geschichte tief vom Lateinischen geprägt worden, es hat den lateinischen Einfluss sozusagen zu seiner Kräftigung in sich aufgenommen. Der Sprachkontakt mit dem Englischen aber bereichert es nicht wirklich. Das Deutsche behängt sich eher mit amerikanischen Fetzen, es versucht gar nicht, das amerikanische Englisch zu verdauen. Das Deutsche ist inzwischen so etwas wie eine sprachliche Dragqueen, aufgeputzt mit allerlei Tinef aus der anderen Sprache, ihre eigene Identität versteckend, schrill, aber nicht eigentlich schön. Es möchte amerikanisch aussehen, das ist vielleicht ganz lustig, aber wirklich amerikanisch ist es dadurch auch nicht.

Ich brauche dafür eigentlich keine Beispiele zu geben. Wir erleben das täglich in unserer Umwelt, bei uns selbst, bei uns Professoren. Es gibt kaum einen coolen Professor, der seine Studenten nicht mit amerikanischen Wörtern überhäuft, er versucht gar nicht erst, die Termini der supermodernen Forschungen in ein angemessenes Deutsch zu übertragen, das bleibt einfach auf Englisch mitten in der deutschen Rede stehen (ich werde das gleich ebenfalls tun). Deutsche Professoren finden es schick, nicht mehr richtig Deutsch zu können. Bei technischen Neuerungen wird gar nicht erst versucht, deutsche Ausdrücke zu finden, die Werbung ist in Deutschland mehr oder minder auf Englisch, es gibt *service points*, *job centers* und so weiter. Ein Tsunami amerikanischer Wörter überspült diese Sprache. Der öffentliche Raum der deutschen Städte ist fast ganz englisch: Die Theatinerstraße in München ist ein herrliches Beispiel für die totale Abwesenheit des Deutschen im urbanen Raum einer deutschen Stadt. „We kehre for you“, sagt die Berliner Stadtreinigung in einer Werbekampagne, sehr witzig, aber nur, wenn man voraussetzt, dass die Bevölkerung Berlins schon zweisprachig ist. Eine zeitlang waren unsere Telefonrechnungen auf Englisch: *GermanCall*, *CityCall* und *WorldCall* haben wir bezahlt. Millionen Deutsche haben nicht verstanden, was sie da bezahlen sollten.

Aber ich werde mich hüten, die puristische Klage anstimmen, schon aus Angst vor dem Hammer, der sofort auf jeden niedergeht, der solches tut: Wer über zu viele englische Wörter klagt, wird sofort des Nationalismus geziehen, und das heißt eigentlich nichts anderes als: Nazi. Jede Sorge um die deutsche Sprache – *cura linguae* – wird hierzulande sofort disqualifiziert und unter Verdacht gestellt. Deswegen wird es auch niemals eine Aktivität zum Schutz und zur Bereicherung der Sprache –

„enrichissement de la langue“ heißt das in Frankreich – wie in Frankreich geben. Die steht hier von vornherein unter Nazi-Verdacht. (Leider lockt der puristische Kampf gegen die englischen Wörter, das muss ich zugeben, tatsächlich nationalistische Kreise an. Mit solchen Genossen möchte man nicht in den Kampf ziehen, also unterlässt man ihn.)

### 3 Hochdeutsch und die Dialekte des Deutschen

3.1 Der Statusschwund des Deutschen – gemeint ist das Hochdeutsche, die gemeinsame Kultur-Sprache der Deutschsprachigen – hat, ich habe das schon angedeutet, erhebliche Konsequenzen für die Beziehungen zwischen der Standardsprache und den Dialekten: Der Dialekt wird wichtiger und immer mehr wieder die eigentliche Muttersprache. Der deutsche Sprachraum war bis in die Vorkriegszeit durch eine zweisprachige Situation gekennzeichnet, die die Linguisten „Diglossie“ nennen. Für die alltägliche Kommunikation, vor allem auch in den Familien, wurde der Dialekt verwendet, für die „höheren“, formaleren Redesituationen und für die schriftliche Kommunikation die Standardsprache, das sogenannte Hochdeutsch. Für das erste hat der Soziologe Ferguson (1959) den Ausdruck *low variety* und für das zweite den Ausdruck *high variety* geprägt (natürlich verwende ich die Termini als echter deutscher Professor gerade so amerikanisch, wie sie daherkommen). Die Dialekte des Südens haben hierbei eine stärkere Position: je weiter man nach Norden kommt, desto schwächer ist die Position des Dialekts. Wo ein Stuttgarter noch schwäbisch redet, spricht ein Frankfurter längst schon kein Hessisch mehr.

Diese Konstellation war natürlich in Bewegung und zwar in Richtung auf die Ausbreitung der Standardsprache, wie überall in Europa, vor allem durch die Etablierung des Nationalstaats. In Italien und Deutschland lässt sich diese Entwicklung vielleicht am schönsten studieren: die Medien, die Binnenwanderung, die Schule, die Armee sind Instanzen der Verbreitung der Nationalsprache. In Deutschland kam nach dem Zweiten Weltkrieg noch die Tatsache hinzu, dass ja Millionen von Flüchtlingen aus den verlorenen Ostgebieten integriert wurden. Dies beförderte die Ausbreitung der gemeinsamen Nationalsprache. Die Ausdehnung der Standardsprache schwächte die Dialekte und bewirkte das Entstehen von umgangssprachlichen Varietäten des Deutschen, die zwar noch regional gefärbt sind, aber nicht mehr als Dialekte angesehen werden können.

Diese Situation verändert sich aber seit neuestem im deutschen Sprachraum so, dass sich diese Bewegung umkehrt. Wenn ich es richtig beobachte, gewinnen durch den Statusverlust der Hochsprache seit einigen Jahren die Dialekte wieder an Terrain, vor allem im Süden des deutschsprachigen Gebiets: In der Schweiz wurden ja nur die höchsten Diskurse – vorwiegend schriftlich gefasste Diskurse – in der Norm-

sprache realisiert, die die Schweizer daher auch „Schriftdeutsch“ nennen. Nun geht der wichtigste Teil der „Schrift“, die prestigereichen Diskurse, noch konsequenter als in Deutschland, ans Englische über: Die Wissenschaft, die Banken, die Universitäten, alles Internationale, von dem es in der Schweiz eine Menge gibt, schreibt und spricht konsequent englisch. Für das Schriftdeutsche bleibt kaum noch etwas übrig, weil in der Schweiz auch Redefelder, die in Deutschland in der Standardsprache bewältigt werden, vom Dialekt besetzt sind (etwa Rundfunknachrichten). Es bleiben eigentlich nur die gedruckte Presse, die Literatur im engen Sinne und die Verwaltung für das Schriftdeutsche. „Von unten“ erobert sich nun außerdem der Dialekt weitere Redefelder: Die Wettervorhersage im Fernsehen ist soeben ins Schweizerdeutsche abgedriftet. Die Schweiz ist also auf dem Weg, die Sprachgemeinschaft mit den Deutschen zu verlassen. Wie das übrigens vorher die Luxemburger ja schon getan haben, die ihren Dialekt zur Nationalsprache erhoben haben. Das Französische ist dort Gesetzessprache, das Deutsche ist zwar weitere Amtssprache, es bleibt aber nicht wirklich viel Platz für das Deutsche, denn auch die Luxemburger verwenden das Englische, wo es wirklich wichtig ist.

Natürlich ist diese Entwicklung auch eine Folge der Globalisierung. Aber die Abwesenheit von Sprachloyalität gegenüber dem Deutschen ist bestimmt ebenso sehr der Erinnerung an die deutsche Geschichte geschuldet: Die Aufkündigung der Sprachgemeinschaft ist ja ein Weg, sich endlich aus der Gemeinschaft mit der Nazi-Sprache zu verabschieden. In Luxemburg war dies ausdrücklich der Fall. Die Schweizer Diglossie der Zukunft ist nicht mehr – wie noch bei Ferguson (1959) – oben Deutsch unten Schweizerdeutsch, sondern oben Englisch und unten Schweizerdeutsch, wobei dieses Unten sehr weit nach oben reicht.

3.2 Dieses Schweizer Modell ist offensichtlich ausgesprochen attraktiv für andere deutschsprachige Stämme. Es ist ja eine Möglichkeit, aus der deutschen Sprache und folglich aus der gemeinsamen schuldigen Sprache auszusteigen. Österreichische Schriftsteller haben wohl deswegen kürzlich eine österreichische Sprache gefordert, gemeint war offensichtlich ein Vorrücken dialektaler Formen in die Literatur. Dies ist für die Sprachgemeinschaft vielleicht nicht wirklich gefährlich. Gefährlicher scheinen mir Aktivitäten wie die folgende, die ganz harmlos aussieht, ja sogar lustig daherkommt, deren Konsequenzen aber fatal sind für die deutsche Spracheinheit:

Wir können alles. Außer Hochdeutsch.

Dieser berühmt gewordene Slogan ist ja wirklich witzig, spielt er doch mit den notorischen Schwierigkeiten der Schwaben bei der normgerechten Realisierung der Nationalsprache einerseits und mit ihrer ebenso notorischen Schlaueit andererseits. Was aber nicht so witzig ist, das ist die mit diesem Slogan ebenfalls festgestellte Überflüssigkeit des Hochdeutschen. Er besagt nämlich auch: Das Hochdeutsche können wir nicht, weil wir es nicht brauchen, mir könnet Englisch. Denn die wahre Ten-



denz dieses Werbespruchs hat kürzlich der Ministerpräsident dieses Landes, Herr Oettinger, ausgesprochen: Er verordnete seinen fleißigen Schwaben das Englische als „Arbeitsprache“:

Deutsch bleibt die Sprache der Familie, der Freizeit, die Sprache in der man Privates liest, aber – Englisch wird die Arbeitsprache.<sup>6</sup>

Was gibt es Höheres für einen fleißigen Schwaben als eine Arbeitsprache? Herr Oettinger war daher auch ganz beglückt, dass jetzt schon in seinen Elementarschulen die höchste Sprache, Englisch, unterrichtet wird. Da nun aber – wie der Werbespruch des Landes feststellt – das Deutsche in den Familien in Baden-Württemberg gar nicht verbreitet ist, bedeutet dies letztlich, dass das Deutsche in Oettingers Land verschwindet: In den Familien herrscht nämlich nicht das Deutsche, sondern der Dialekt. Die Diglossie Baden-Württembergs wird also wie diejenige der Schweiz sein: oben – bei der Arbeit – Englisch, unten – in der Familie – Schwäbisch und Badisch. Auf alle deutschen Länder hochgerechnet bedeutet dies das Ende der deutschen Sprachgemeinschaft. Denn was die Deutschen noch zusammenhielt, war – außer der D-Mark – gerade das Hochdeutsche, das die Schwaben nicht können und an dessen Stelle nun das Englische rücken soll. Das Englische wird also zukünftig als gemeinsame Arbeitsprache die Vielzahl der deutschen Dialekte überdachen: Das ist der sprachliche Triumph der postnationalen – allerdings typisch deutschen – Vermählung von Föderalismus und Internationalismus. Die deutsche Sprachnation ist dann auf jeden Fall mausetot, oder auch, das ist ja gewünscht: „nie wieder Deutschland“, diesmal nicht von links, sondern aus der politischen Mitte beziehungsweise der Provinz. Aber noch einmal: Die von Herrn Oettinger skizzierte diglossische Situation ist nicht nur, wie er glaubt, eine notwendige Konsequenz der Globalisierung, sondern auch der Effekt der auch ihn immer noch quälenden Erinnerung an die gebellte Sprache. Der Abschied aus der deutschen Sprachgemeinschaft ist ein eleganter Weg aus der nationalen Gemeinschaft und der gemeinsamen Geschichte.

## 4 Eingeborene Sprache und Immigrantensprachen

4.1 Schließlich ist auch das Verhältnis der autochthonen Sprache zu den durch Einwanderung hinzugekommenen Sprachen in Deutschland von der historischen Erinnerung an die gebellte Sprache geprägt, die daher hier eine besonders schwierige Sprachkonstellation schafft. Das Deutschland der Nachkriegszeit hat lange Jahre lang ja die Illusion genährt, die aus der Fremde zu uns kommenden Arbeitskräfte seien

---

<sup>6</sup> In dem Fernsehfilm von Harald Wötzel: „Wer rettet die deutsche Sprache?“, SWR, 24.11.2005.

„Gastarbeiter“, Gäste also, die, nachdem sie hier gearbeitet haben, das Land wieder verlassen. Folglich hat es Jahrzehnte lang keine Politik der Immigration gegeben, für Gäste braucht man keine Politik. Als Deutschland bemerkte, dass die Gäste Immigranten waren, hat es keine Politik der Integration entwickelt, sondern eine Politik des Multikulturalismus. Zentralidee dieser Politik ist, dass man die Kulturen und Sprachen der Einwanderer respektiert, vor allem dass man ihnen auf keinen Fall die Sprache und Kultur der Mehrheit aufzwingt. Konkret bedeutete dies, dass man nichts tut. Die multikulturalistische Option, sicher eine Botschaft der Toleranz und des Respekts (vielleicht aber auch eine Ideologie der Gleichgültigkeit?), ist in Deutschland so fest verankert, weil man nach den Erfahrungen des Nationalsozialismus auf keinen Fall den anderen Menschen die eigene – schuldige – Sprache und Kultur aufzwingen wollte.

Allerdings: die Folgen dieser Politik werden inzwischen allerorten sichtbar: Statt des erträumten multikulturellen und vielsprachigen Austauschs haben sich inmitten einer eher indifferenten als multikulturell offenen Gesellschaft Inseln gebildet, monokulturelle und einsprachige Inseln, die wenig Kontakt mit der deutschen Noch-Mehrheitsgesellschaft haben. Die immigrierte Bevölkerung lebt weitgehend neben, nicht mit der autochthonen Gesellschaft. Neben anderen politischen Gründen hat oft die Arbeitslosigkeit den Kontakt der Migranten mit den Deutschen unterbrochen. Die Parabolantenne hat das einzige Fenster geschlossen, das die eingewanderte Bevölkerung früher einmal auf die Deutschen hatte: das Fernsehen. Die *Schule* ist daher praktisch der einzige Ort der Begegnung – und deswegen natürlich auch der Ort des Konflikts bei der Sprachenfrage. Die Kinder wachsen zunächst ohne Kontakt mit der deutschen Sprache und Kultur auf und begegnen dieser erst in der Schule.

Natürlich gibt es an den Rändern der jeweiligen Gesellschaften Menschen, die Beziehungen mit dem jeweils anderen herstellen und pflegen. Dies geschieht aber oft zum Preis einer schmerzhaften Entfremdung von der eigenen Gruppe. Es gibt auch Spezialisten des interkulturellen Austauschs: Ausländerbeauftragte einerseits – Botschafter der Mehrheitsgesellschaft, die für Ruhe auf der einen und für ein ruhiges Gewissen auf der anderen Seite sorgen – und Deutschen-Beauftragte andererseits, die eine ähnliche Funktion haben.

Dass – wie das in anderen Einwandererländern der Fall ist, deren Immigranten Amerikaner, Kanadier oder Franzosen werden – die Einwanderer Deutsche werden wollen und werden sollen, kann man hier nicht in nennenswertem Maße behaupten (die Statistiken nach der gesetzlichen Neuregelung sprechen eine beredte Sprache). Es gab bisher auch kaum eine Politik, die genau dies beförderte. Man beginnt erst gerade, darüber nachzudenken. Aber dieses Nachdenken kommt sehr spät und in einer Zeit zunehmender sozialer Spannungen. Die einen fragen sich daher, warum auf ihrem Territorium fremde Völker wohnen, die nichts mit ihnen zu tun haben wollen.

Die anderen fragen sich offensichtlich, warum sie mit dem Volk, auf dessen Territorium sie wohnen, irgendwelche Beziehungen anknüpfen sollen, wo dies – wie man in Frankreich sehen kann – doch nichts bringt.

Doch ich will nicht zu sehr in die sozialpolitische Dimension eintauchen, sondern die sprachlichen Probleme beleuchten und zeigen, wie sehr auch hier wieder die Sprach-Frage mit der deutschen Erinnerung bzw. mit der an der deutschen Sprache klebenden Erinnerung zu tun hat. Dazu will ich noch einmal den Fall der Berliner Hoover-Schule aufrufen, in dem es um das Deutsche als Sprache des Schulhofs ging: Schüler, Lehrer und Eltern dieser Schule waren übereingekommen, angesichts sprachlich bedingter Konflikte zwischen den Schülern und auch, um den Gebrauch des Deutschen zu verfestigen, die Schüler dazu zu verpflichten, deutsch auch auf dem Pausenhof zu sprechen. Alle waren glücklich mit der Lösung, bis die Presse von der Sache Kenntnis erhielt. Zunächst klagte eine türkische Zeitung über diese Herabsetzung der türkischen Sprache – als ob die türkische Sprache ein angestammtes Recht hätte, auf Berliner Schulhöfen gesprochen zu werden, außerdem ging es gar nicht um Türkisch. Dann charakterisierte ein deutsches Fernseh-Magazin die Aktion als „Zwangsgermanisierung“. Mit diesem bösen Wort sind wir wieder mitten in der deutschen Vergangenheit, wir sind mitten in Krieg und Nazi-Terror, wir sind mitten in unserer Schuld. Ein solcher Verdacht schließt die Sprachfrage, statt sie zu lösen, ideologisch ab: Es handelt sich um eine Aktion zur Unterdrückung fremder Völker und Kulturen und um die Ausbreitung der bösen Nazi-Sprache. Dies ist eine argumentative Sackgasse, die das Problem nur verschärft. Der Fall zeigt, dass die Erinnerung an die gebellte Sprache immer da ist, dass sie die Situation gewaltig dramatisiert und die Lösung erschwert.

4.2 Was aber an diesem Fall ebenfalls sichtbar wird, ist, dass diese Blockade gelöst werden kann. Er zeigt nämlich, dass man – ohne dass deswegen das historische Gedenken eliminiert würde – Bewegung in das Denken über die deutsche Sprache bringen kann, indem man den gesunden Menschenverstand walten lässt. Es gibt im übrigen ein Modell für die Behandlung des Problems des Verhältnisses von „Nationalsprache“ oder „Verkehrssprache“ des Landes und den anderen Sprachen der Bewohner dieses Landes. Ich meine die alte Diglossie zwischen dem Hochdeutschen und den Dialekten des Deutschen: oben Hochdeutsch – unten Dialekt. Man darf ja nicht vergessen, dass auch die Deutschen zumeist nicht das Deutsche zur Muttersprache haben, sondern einen deutschen Dialekt. Auch die Deutschen müssen mehrheitlich die Sprache Deutsch erst in der Schule lernen. Es ist mir schon klar, dass das Türkische weiter vom (Standard-)Deutschen entfernt ist als das Bairische. Aber auch das Bairische, Hessische oder Schwäbische sind eben nicht Deutsch oder Hoch-Deutsch. Die Schule ist auch für die meisten Deutschen der Ort, an dem sie „ihre“ Sprache erst lernen. Sie lassen dann ihre „alte“ Sprache zurück, teilweise jedenfalls.

Dasselbe geschieht nun auch mit den Muttersprachen der Immigranten: Sie lassen in der Schule – teilweise und zeitweise jedenfalls – ihre alten Sprachen hinter sich zurück. Die Schule ist der Ort der Ankunft in der neuen Sprache, die Familie kann wie bei den Deutschen auch der Ort der alten Sprache bleiben. Und übrigens kann dann vielleicht auch der Schulhof der Ort der alten Sprache bleiben, es ist ja der Ort der Pause, des Ausruhens von der Anstrengung. Aber wenn die Bewohner des Schulhofes sich auf das Deutsche als gemeinsame Sprache einigen, so ist das auch gut. Jedenfalls hat es nichts mit Zwangsgermanisierung und Nazigreueln zu tun. Das Erlernen der Kultursprache ist nicht einfach, es war und ist auch nicht einfach für bairische, hessische und schwäbische Kinder. Aber es ist möglich und machbar, es ist auch für türkische und arabische Kinder möglich und machbar. Aber: da dies vielleicht in der Tat für diese doch etwas schwerer ist als für die Baiern und Schwaben, brauchen diese Kinder genau an dieser Stelle die großzügigste Hilfe und Förderung durch die deutsche Sprachgemeinschaft. Wenn wir diese Kinder als Mitglieder unserer Sprachgemeinschaft – und unserer politischen Gemeinschaft – wollen, dann müssen wir auch etwas dafür tun. In Amerika gibt es an jeder Schule Extra-Lehrer für ESL, English as a Second Language. Hierzulande sind aber ganz offensichtlich die Programme und Mittel hierfür ungenügend. Wenn sie hinreichend wären, würden unsere Schüler bei den entsprechenden internationalen Vergleichstests besser abschneiden. Frankreich und Großbritannien machen dies ganz offensichtlich besser. Wir tun nicht genug. Wir tun übrigens auch nicht genügend für die dialektspredenden deutschen Kinder. Darauf deutet ja die beschämende Klassenabhängigkeit der Schulerfolge hin. Die da nicht weiterkommen in der Schulkarriere, sind natürlich Dialektsprecher.

## 5 Integration und Globalesisch

Über den ganz offensichtlichen Mangel an Sprachfördermaßnahmen hinaus gibt es nun allerdings ein neues und wirklich gravierendes – weil strukturelles und ideologisches, nicht nur finanzielles – Hindernis für eine großzügige und intensive Sprachausbildung im Deutschen: die schon erwähnte Globanglisierung der deutschen Schule. Angesichts der desaströsen Test-Ergebnisse der Schüler deutscher Schulen im Sprachbereich hätte man eigentlich als dringendste Maßnahme nach PISA 2001 eine energische Verstärkung des deutschen Sprachunterrichts erwartet. Es geschieht auch dies und das, aber das Zentrum der schulreformerischen Aufmerksamkeit der letzten Jahre ist die massive Verstärkung des Englischunterrichts gewesen. Herr Oettinger ist – wie alle anderen Schul-Politiker des Landes – so stolz darüber, dass es Englisch jetzt ab der ersten Klasse in der Grundschule gibt. Es wird vielerorts sogar schon im Kindergarten fleißig Englisch gelernt (mit schwäbelnden und berli-

nernden Kindergärtnerinnen!). Gerade hier sollte aber eigentlich fleißig Deutsch geübt werden. In den Gymnasien werden die wichtigen Fächer zunehmend auf Englisch angeboten. Der sogenannte Immersionsunterricht (Content and Language Integrated Learning, CLIL) ist der letzte pädagogische Schrei der deutschen Schule, eine völlig unhinterfragte, in der Öffentlichkeit überhaupt nicht diskutierte Transformation des deutschen Schulwesens, die einer sprachlichen und kulturellen Revolution gleichkommt: In ein paar Jahren können junge Deutsche über die wichtigsten Gegenstände (Wissenschaften, Politik, Geschichte, Geographie, Wirtschaft) nicht mehr auf Deutsch sprechen, sie haben das dann alles nur auf Englisch sprachlich parat. Natürlich fördert CLIL die Englisch-Kompetenz, der Nachteil ist nur, dass es das Deutsche aus den wichtigsten Redefeldern vertreibt. Das Ziel deutscher Schulpolitik ist ganz offensichtlich – Herr Oettinger hat es ja in aller Deutlichkeit gesagt – die Abschaffung des Deutschen als „Arbeitsprache“, also als wichtigster in der Schule zu erlernender Sprache.

Dies erleichtert nun die Integration türkischer oder arabischer Kinder in die deutsche Sprachgemeinschaft nicht, genauer: dies macht sie letztlich unmöglich. Denn wozu sollen die Immigrantenkinder überhaupt Deutsch lernen, wenn die wichtige, die Arbeitssprache dieses Landes, Englisch ist? Wenn das Deutsche nur eine Familiensprache ist („Deutsch bleibt die Sprache der Familie, der Freizeit, die Sprache in der man Privates liest“) wie das Bairische, das Hessische und das Plattdeutsche, wozu, bitte sehr, sollen Immigranten diese Sprache denn dann lernen? Für den Pausenhof? Eine Familiensprache haben die Türken, Russen und Araber schon, sie brauchen keine zweite. Sie suchen eine Arbeitssprache. Aber da, wo sie hinwollen, zu einer Arbeitssprache nämlich, ist in der deutschen Schule zunehmend die große weite Welt, no man’s land. Deutschland ist da jedenfalls nicht mehr. Die deutsche Schul-Sprachpolitik verhindert die Ankunft der Immigranten in diesem Land.

Oder vielleicht doch nicht? Die Deutschen sollen ja nach dem Willen ihrer Politiker in den relevanten Redefeldern (Arbeit) gar nicht mehr deutsch reden, sondern englisch, das Deutsche bleibt ja in den Familien (also außerhalb der Schule). Die Immigranten sollen daher offensichtlich mit den Deutschen, mit denen sie arbeiten (aber keine Familien gründen!) sollen, gar nicht deutsch, sondern englisch sprechen! Also doch: Welcome in Germany, am ServicePoint und dann brain up!

Mit dieser Schul-Sprachpolitik ist ganz offensichtlich die echt deutsche Lösung der deutschen Sprachfrage auf den Weg gebracht. Damit das richtig funktioniert, sollte man aber keine halben Sachen machen, sondern endlich das ganze Erziehungswesen auf Globalesisch umstellen: CLIL total. Da dann die in der Schule gelernte und verwendete Sprache für keinen die Muttersprache wäre, gäbe es – zunächst – keine Benachteiligung von Immigranten mehr. Bayern, Türken, Deutsche, Niederdeutsche und Russen würden alle in einer fremden Sprache beschult. Sprachgerechtigkeit wäre

hergestellt. Von Zwangsgermanisierung und Nazi-Infizierung könnte also auch nicht mehr die Rede sein. Und schließlich würde die globalophone Schule endlich die schuldige Sprache aus den Köpfen der Deutschen eliminieren. Keiner brauchte sich mehr zu schämen, die Sprache Hitlers, diese gebellte Sprache, (leise) weitersprechen zu müssen. Man hätte wahrscheinlich schnell – jedenfalls was die karrierebeflissenen Mittel- und Oberschichten angeht – eine neue postnationale Sprachgemeinschaft auf dem Territorium des ehemaligen Deutschland, die dann, wie zum Beispiel die herrschende Klasse in Indien, ein Teil der großen englischen Sprachgemeinschaft wäre. Damit wäre die historische Erinnerung, die an der (Nazi-)Sprache hängt, weitgehend getilgt. Die Kinder der neuen Sprachgemeinschaft würden entspannt aus history books lernen, dass es früher einmal auf diesem Territorium eine Nation von Killern gegeben hat mit einer schrecklichen Sprache, die eher gebellt als gesprochen wurde. Aber diese wäre eben Geschichte – beziehungsweise history.

## 6 Daher zwei Schlussbemerkungen

6.1 Orthographie. Zur Abrundung dieses Tableaus der Aktivitäten des Staates gegen die deutsche Sprache muss die weitere Attacke dieses Staates, beziehungsweise aller deutschsprachigen Staaten gegen die deutsche Sprache wenigstens erwähnt werden, die ja ebenfalls die Einheit der deutschen Sprachgemeinschaft aufs höchste gefährdet, beziehungsweise in den letzten zehn Jahren schon bleibend geschädigt hat, ich meine die Orthographie-Reform. Nachdem der Staat zuerst durch seinen Krieg, durch seine auswärtige Sprachpolitik und durch seine Schulsprachenpolitik die Stellung des Deutschen geschwächt hat, hat er sich dann auch noch der deutschen Sprache in ihrer schriftlichen Form bemächtigt und ihr weiteren Schaden zugefügt. Interessant ist im übrigen, wie in den beiden letzteren Fällen gleichsam mafiose Gruppen sich des Staates für zukunfts schwere Entscheidungen für die Sprachgemeinschaft bedient haben. Im Falle der Anglisierung der Schule ist dies überhaupt nicht ins Bewusstsein der Öffentlichkeit geraten, weil diese dringend und „objektiv“ geboten scheint und im allgemeinen Konsens geschieht. Es ist aber in Wirklichkeit so, dass einflussreiche Englisch-Promotoren die Entscheidungsstellen der Kultusbürokratien besetzt und in ihrem Sinne beeinflusst haben – ohne jegliche gesellschaftliche Diskussion. Ich erinnere mich jedenfalls an keinerlei öffentliche Debatte über die massive Ausweitung des Englischunterrichts bis hin zum sogenannten „Immersionsunterricht“. Bei der Orthographie-Reform ist das allgemein bekannt: Ein kleines Grüppchen von wenigen sogenannten Spezialisten und Ministerialbürokraten hat die Sache ausgeheckt und durchgesetzt. Die Reform sieht bekanntlich Regelungen vor, die gegen die Struktur des Deutschen stehen (Getrennt- und Zusammenschreibungen: wieder sehen, wiedersehen), falsche Etymologien nahelegen (einbläuen, hat nichts mit blau zu tun), syn-

taktische Beziehungen verdunkeln (Interpunktion; kein Komma vor erweitertem Infinitiv), Widersprüche bei Fremdwörtern einführen: Orthografie (warum einmal th und einmal f?). Die brutal durchgeführte Verwaltungsmaßnahme gegen die Rechtschreibung hat keine demokratische Legitimation und wurde gegen den Rat wirklicher Experten aus der Sprachwissenschaft durchgesetzt, gegen die Schriftsteller und die wichtigsten Presseorgane, kurz gegen die Tradition, die natürlich als solche schon verdächtig ist – irgendwie Nazi. Die Wirkung der Reform ist eine allgemeine Verunsicherung und eine generationelle Spaltung der deutschen Schreibgemeinschaft. Da der Staat im Jahr 2006 gegen den Rat von Wissenschaft und Kultur die endgültige Einführung der Sache in den Schulen beschlossen hat, sind nun die Kämpfer ermüdet. Der Sieg über die deutsche Sprache ist total.

Dazu eine selbstkritische Bemerkung: Niemand – ich auch nicht – wagte es mehr, in der Versammlung der Akademie gegen die Einführung der neuen Rechtschreibung das Wort zu ergreifen. Vorhersehbar war, dass die „richtigen“ Wissenschaftler gelangweilt und genervt die monotone Frage stellen würden: Gibt es nichts Wichtigeres? In der Tat, für die längst anglophonen und anglophonen Naturwissenschaftler ist das nichts Wichtiges. Sie schreiben sowieso kein Deutsch mehr, und sie sprechen oft – wenn sie denn einmal deutsch sprechen müssen – ein von Anglizismen durchsetztes Deutsch, dem man anmerkt, dass sie diese Sprache in Wirklichkeit gar nicht mehr verwenden. Wie sollte man da noch einmal klarmachen, dass dies für andere Mitglieder der Akademie tatsächlich noch eine wichtige Frage ist. Kurzum: die einen sind ermattet, für die anderen hat das keine Bedeutung mehr, weil sie längst in der anderen Sprache angekommen sind und für die unwichtigen Problemchen der „Familiensprache“ nun wirklich keine Zeit mehr haben.

6.2 Passion. Aus dem Gesagten ergibt sich ein trübes Bild von der Zukunft der deutschen Sprache. Ein Volk distanziert sich aus Sprachscham von seiner Sprache, die kulturellen Dynamiken wirken daher unaufhaltsam gegen diese Sprache: Verschwinden des Deutschen aus internationalen Prestige-Diskursen, dies schwächt die entsprechenden nationalen Diskurse und folglich den Status der Sprache. Schulpolitik und offizielle Sprachpolitik reduzieren die Diskursdomänen der nationalen Hochsprache so, dass diese überflüssig wird. Halbherzige oder keine Aktivitäten für den Erwerb der Nationalsprache bei Immigranten. Das befördert das Entstehen fremdsprachiger Enklaven auf dem Sprachgebiet. Statusschwächung bringt Korpuschwäche: das nicht mehr als prestigereich angesehene Korpus wird nicht mehr gepflegt.

Gegen all dies regt sich Widerstand bei einigen Nostalgikern. Bei diesen ist eine geradezu schmerzhaft Passions für die Sprache entstanden, die da ins Dialektale entschwindet, eine Passion, die derjenigen des französischen Philosophen Jacques Derrida nicht unähnlich ist. Jacques Derrida beschreibt in einem seiner letzten

Bücher, *Le monolinguisme de l'autre*, sein Verhältnis zur französischen Sprache. Der inzwischen berühmt gewordene Satz auf der ersten Seite dieses Buches heißt:

Je n'ai qu'une langue, ce n'est pas la mienne. (Derrida 1996, S. 11)  
Ich habe nur eine Sprache, diese ist aber nicht die meine.

Dieser Widerspruch ist das Ergebnis eines Sprach-Traumas, das Derrida zu Beginn seines Lebens erfuhr. Als frankophoner Jude in Algerien aufgewachsen, wurden ihm 1940 durch ein Dekret der Vichy-Regierung die französische Staatsangehörigkeit und der Schulbesuch – und das hieß der Zugang zur Kultur-Sprache – verboten. Er war sozusagen sprachlich enteignet worden. Die eigene Sprache wurde schmerzhaft zur fremden. Die Juden Algeriens hatten aber keine andere Sprache als die französische, diese sollte aber nicht die ihre sein. Aus dieser brutalen Enteignung resultiert eine schmerzhaft Liebe – eben eine Passion – für die französische Sprache, die sich dieser Entfremdungserfahrung, diesem Entzug, verdankt und die sich in einer besonderen Sorge um die Kultur dieser Sprache manifestiert.

Aus völlig anderen historischen Gründen speisen nun auch einige Sprecher des Deutschen ihren Widerstand gegen die geschilderte Dynamik des Niedergangs des Deutschen aus einer schmerzhaften Liebe zur deutschen Sprache, aus einer Passion für das Deutsche, die sich ebenfalls einer traumatischen Erfahrung verdankt: Sobald ich den ersten politischen Gedanken zu denken fähig war, wusste ich, dass meine Sprache die Sprache der Großen Killer war. Diese Sprache wollte ich nicht, ich wollte mir diese Zunge ausreißen. Ich habe mit Leidenschaft andere Sprachen gelernt, zuerst Englisch, dann Französisch, das meine Brudersprache wurde. Höhepunkte meines jungen Lebens waren Lobpreisungen von Franzosen über mein Französisch, vor allem das: „Ah, on ne dirait pas que tu es Allemand!“ Aber noch im Ausreißen meiner eigenen Zunge blieb sie mir doch erhalten, gleichsam wie ein Phantomglied, *une langue fantôme*. Sie ist immer noch meine Zunge. Ich leide an ihr und liebe sie doch: Sie ist meine Passion. Ausgerissen ist meine Zunge mir fremd geworden, aber sie ist immer noch meine, ich habe keine andere: „Je me suis arraché ma langue, je n'en ai pas d'autre.“

## Bibliographische Hinweise

- Ammon, Ulrich (1991): Die internationale Stellung der deutschen Sprache, Berlin, New York: de Gruyter.
- Ders. (1998): Ist Deutsch noch eine internationale Wissenschaftssprache? Englisch auch für die Lehre an den deutschsprachigen Hochschulen, Berlin, New York: de Gruyter.
- Derrida, Jacques (1996): *Le monolinguisme de l'autre*, Paris: Galilée.
- Ernst, Peter (2005): Deutsche Sprachgeschichte, Wien: WUV.



- Ferguson, Charles (1959): Diglossia. In: *Word* 15, S. 325–340.
- Fourquet, Jean (1968): La situation linguistique en Allemagne. In: Martinet, André (Hg.), *Le langage*, Paris: Gallimard (Pléiade), S. 1162–1172.
- Hagège, Claude (1994): *Le souffle de la langue. Voies et destins des parlers d'Europe*, Paris: Odile Jacob.
- Killius, Nelson, Kluge, Jürgen & Linda Reisch (Hg.) (2002): *Die Zukunft der Bildung*, Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- König, Werner (2005): *dtv-Atlas Deutsche Sprache*, <sup>15</sup>München: dtv.
- Markl, Hubert (1986): Die Spitzenforschung spricht englisch. Deutsch als Wissenschaftssprache. In: Kalverkaemper, Hartwig & Harald Weinrich (Hg.), *Deutsch als Wissenschaftssprache*, Tübingen: Narr, S. 20–25.
- Münkler, Herfried, Straßenberger, Grit & Matthias Bohlender (Hg.) (2006): *Deutschlands Eliten im Wandel*, Frankfurt, New York: Campus.
- Polenz, Peter von (1978): *Geschichte der deutschen Sprache*, <sup>9</sup>Berlin, New York: de Gruyter.
- Schmidt, Wilhelm (1996): *Geschichte der deutschen Sprache*, <sup>7</sup>Stuttgart, Leipzig: Hirzel.
- Stark, Franz (2000): Sprache als Instrument der Außenpolitik. In: Glück, Helmut & Walter Krämer (Hg.), *Die Zukunft der deutschen Sprache. Eine Streitschrift*, Leipzig: Klett, S. 19–42.
- Trabant, Jürgen (2003): *Mithridates im Paradies. Kleine Geschichte des Sprachdenkens*, München: Beck.
- Weydt, Harald (2004): Offener Brief. In: *Zeitschrift für Literaturwissenschaft und Linguistik* 134, S. 124–128.

Anhang



## Hinweise zu den Autoren

**Barlösius**, Eva, Prof. Dr., geb. 1959; Professorin für Soziologie; Akademische Disziplin: Soziologie; Anschrift: Universität Duisburg-Essen, Campus Essen, FB Bildungswissenschaften, 45117 Essen, Tel.: 02 01/1 83 43 64, e-mail: eva.barloesius@uni-due.de und Leibniz Universität Hannover, Institut für Soziologie, Schneiderberg 50, 30167 Hannover

**Bens**, Oliver, Dr. rer. nat., geb. 1967; Leiter Wissenschaftlicher Vorstandsbereich; Akademische Disziplin: Geowissenschaften; Anschrift: GeoForschungsZentrum Potsdam, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Tel.: 03 31/2 88 10 60, Fax: 03 31/2 88 10 02, e-mail: bens@gfz-potsdam.de

**Fratzscher**, Wolfgang, Prof. Dr.-Ing. habil., geb. 1932; Professor emeritus; Akademische Disziplin: Technische Thermodynamik, Energietechnik, Kerntechnik; Anschrift: Marsstraße 13, 06118 Halle/Saale, Tel.: 03 45/5 22 55 35, e-mail: wolfgang.fratzscher@t-online.de

**Gerhardt**, Volker, Prof. Dr., geb. 1944; Lehrstuhl für Praktische Philosophie, Rechts- und Sozialphilosophie; Akademische Disziplin: Philosophie, Anschrift: Humboldt-Universität zu Berlin, Philosophische Fakultät I, Institut für Philosophie, Unter den Linden 6, 10099 Berlin, Tel.: 0 30/20 93 28 31, Fax: 0 30/20 93 28 19, e-mail: volker.gerhardt@philosophie.hu-berlin.de, Internet: <http://www2.hu-berlin.de/philo/politik>

**Heilinger**, Jan-Christoph, M.A., geb. 1977; Wissenschaftlicher Koordinator der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Humanprojekt; Akademische Disziplin: Philosophie; Anschrift: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, AG Humanprojekt, Jägerstraße 22/23, 10117 Berlin, Tel.: 0 30/20 37 03 17, Fax: 0 30/20 37 02 14, e-mail: heilingerj@philosophie.hu-berlin.de

**Heisenberg**, Martin, Prof. Dr., geb. 1940; Lehrstuhl am Biozentrum der Julius-Maximilians-Universität Würzburg; Akademische Disziplin: Biologie; Anschrift: Bayerische Julius-Maximilians Universität Würzburg, Lehrstuhl für Genetik und Neurobiologie, Biozentrum, Am Hubland, 97074 Würzburg, Tel.: 09 31/8 88 44 50, Fax: 09 31/8 88 44 52, e-mail: heisenberg@biozentrum.uni-wuerzburg.de

**Hucho**, Ferdinand, Prof. Dr., geb. 1939; Universitätsprofessor für Biochemie; Akademische Disziplin: Biochemie; Anschrift: Freie Universität Berlin, FB Biologie, Chemie, Pharmazie, Institut für Chemie und Biochemie, Thielallee 63, 14195 Berlin, Tel.: 0 30/83 85 55 45, Fax: 0 30/83 85 37 53, e-mail: hucho@chemie.fu-berlin.de, Internet: [http://userpage.chemie.fu-berlin.de/biochemie/aghucho/hucho\\_g.html](http://userpage.chemie.fu-berlin.de/biochemie/aghucho/hucho_g.html)

**Hüttl**, Reinhard F., Prof. Dr. Dr. h. c., geb. 1957; Wissenschaftlicher Vorstand und Vorstandsvorsitzender des GeoForschungsZentrums Potsdam, Leiter des Lehrstuhls für Bodenschutz und Rekultivierung; Akademische Disziplin: Umweltwissenschaften/Forstwissenschaften; Anschrift: GeoForschungsZentrum Potsdam, Telegrafenberg Haus G, 14473 Potsdam, Tel.: 03 31/2 88 10 00, Fax: 03 31/2 88 10 02, e-mail: huettl@gfz-potsdam.de

**Keim**, Karl-Dieter, Prof. em. Dr., geb. 1939; Akademische Disziplin: Soziologie; Tel: 0 30/8 55 73 79, e-mail: kdkeim@web.de

**Knobloch**, Eberhard, Prof. Dr. phil., geb. 1943; Professor für Geschichte der exakten Wissenschaften und der Technik (Akademieprofessur); Akademische Disziplin: Geschichte der exakten Wissenschaften und der Technik; Anschrift: Technische Universität Berlin, Institut für Philosophie, Wissenschaftstheorie, Wissenschafts- und Technikgeschichte, Ernst-Reuter-Platz 7, 10587 Berlin, Tel.: 0 30/31 42 40 16/-68, Fax: 0 30/31 42 59 62, e-mail: eberhard.knobloch@tu-berlin.de, Internet: <http://www.tu-berlin.de/fak1/philosophie/institut/knobloch.htm> und Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Akademienvorhaben Alexander-von-Humboldt-Forschung, Jägerstraße 22/23, 10117 Berlin, Tel.: 0 30/20 37 02 18, Fax: 0 30/20 37 06 00, e-mail: eknobloch@bbaw.de, Internet: [www.bbaw.de/forschung/avh/index.html](http://www.bbaw.de/forschung/avh/index.html)

**Konold**, Werner, Prof. Dr., geb. 1950; Direktor am Institut für Landespflege; Akademische Disziplin: Landespflege; Anschrift: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Landespflege, Tennenbacher Straße 4, 79106 Freiburg, Tel.: 07 61/2 03 36 34, Fax: 07 61/2 03 36 38, e-mail: werner.konolde@landespflege.uni-freiburg.de

**Menzel**, Randolf, Prof. Dr., geb. 1940; Professor an der Freien Universität Berlin, Leiter des Instituts für Neurobiologie; Akademische Disziplin: Zoologie, Neurobiologie, Verhaltensbiologie; Anschrift: Freie Universität Berlin, FB Biologie, Chemie, Pharmazie, Institut für Biologie, Neurobiologie, Königin-Luise-Straße 28-30, 14195 Berlin, Tel.: 0 30/83 85 39 30, Fax: 0 30/83 85 54 55, e-mail: menzel@zedat.fu-berlin.de, Internet: <http://www.neurobiologie.fu-berlin.de>

**Meyer**, Axel, Prof. Dr., geb. 1960; Professor, Lehrstuhl für Zoologie/Evolutionsbiologie; Akademische Disziplin: Evolutionsbiologie; Anschrift: Universität Konstanz, Fakultät Biologie, Fac M 617, 78457 Konstanz, Tel.: 0 75 31/88 41 63, Fax: 0 75 31/88 30 18, e-mail: axel.meyer@uni-konstanz.de

**Nida-Rümelin**, Julian, Prof. Dr. phil., geb. 1954; Universitätsprofessor für Politische Theorie und Philosophie; Akademische Disziplin: Philosophie; Anschrift: Ludwig-Maximilians-Universität München, Geschwister-Scholl-Institut, Lehrstuhl für Politische Theorie und Philosophie, Oettingenstraße 67, 80538 München, Tel.: 0 89/21 80 90 20, Fax: 0 89/21 80 90 22, e-mail: sekretariat.nida-ruemelin@lrz.uni-muenchen.de

**Plieninger**, Tobias, Dr. rer. nat., geb. 1971; Koordinator der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Zukunftsorientierte Nutzung ländlicher Räume; Akademische Disziplin: Forst- und Umweltwissenschaften; Anschrift: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, AG Zukunftsorientierte Nutzung ländlicher Räume, Jägerstraße 22/23, 10117 Berlin, Tel.: 0 30/20 37 05 38, Fax: 0 30/20 37 02 14, e-mail: plieninger@bbaw.de

**Reich**, Jens, Prof. Dr., geb. 1939; Universitätsprofessor für Bioinformatik; Akademische Disziplin: Bioinformatik; Anschrift: Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin, Bioinformatik, Robert-Rössle-Straße 10, 13125 Berlin, Tel.: 0 30/94 06 28 33, Fax: 0 30/94 06 28 34, e-mail: reich@mdc-berlin.de

**Seidlmayer**, Stephan Johannes, Prof. Dr., geb. 1957; Professor für Ägyptologie an der Freien Universität Berlin (Akademieprofessur) und Leiter des Projekts und der Arbeitsstelle Altägyptisches Wörterbuch an der BBAW; Akademische Disziplin: Ägyptologie; Anschrift: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Akademienvorhaben Altägyptisches Wörterbuch, Unter den Linden 8, 10117 Berlin, Tel.: 0 30/2 66 19 30, Fax: 0 30/2 66 19 34, e-mail: seidlmayer@bbaw.de und Freie Universität Berlin, Ägyptologisches Seminar, Altensteinstraße 33, 14195 Berlin, Tel.: 0 30/83 85 67 83, Fax: 0 30/83 85 34 47, e-mail: seidlmay@zedat.fu-berlin.de

**Stock**, Günter, Prof. Dr. Dr. h. c., geb. 1944; Präsident der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften; Akademische Disziplin: Physiologie; Anschrift: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Jägerstraße 22/23, 10117 Berlin, Tel.: 0 30/20 37 06 45/-20, Fax: 0 30/20 37 06 22, e-mail: guenter.stock@bbaw.de, Internet: <http://www.bbaw.de>

**Sukopp**, Herbert, Prof. Dr. Dr. h. c., geb. 1930; Universitätsprofessor emeritus für Ökosystemforschung und Vegetationskunde; Akademische Disziplin: Ökosystemforschung und Vegetationskunde; Anschrift: Rüdeshheimer Platz 10, 14197 Berlin, Tel.: 0 30/8 21 21 79, Fax: 0 30/82 70 11 91, e-mail: herbert.sukopp@tu-berlin.de, Internet: [http://www.tu-berlin.de/~oekosys/herbert\\_sukopp.htm](http://www.tu-berlin.de/~oekosys/herbert_sukopp.htm)

**Thiele**, Rüdiger, PD Dr. habil., geb. 1943; Wissenschaftlicher Mitarbeiter Sudhoff Institut, Privatdozent am FB Mathematik; Akademische Disziplin: Geschichte der Mathematik; Anschrift: Universität Leipzig, Käthe-Kollwitz-Straße 82, 04109 Leipzig, Tel.: 03 41/9 72 56 22, Fax: 03 41/9 61 24 58, e-mail: thieler@medizin.uni-leipzig.de

**Trabant**, Jürgen, Prof. Dr., geb. 1942; Ordentlicher Professor für Romanische Philologie; Akademische Disziplin: Romanische Sprachwissenschaft; Anschrift: Freie Universität Berlin, FB Philosophie und Geisteswissenschaften, Institut für Romanische Philologie, Habelschwerdter Allee 45, 14195 Berlin, Tel.: 0 30/83 85 20 37/-47 53, Fax: 0 30/83 85 22 35, e-mail: trabant@zedat.fu-berlin.de, Internet: <http://www.fu-berlin.de/romphil/>

**Wehner**, Rüdiger, Prof. Dr. Drs. h. c., geb. 1940; Ordinarius und Direktor des Zoologischen Instituts; Akademische Disziplin: Biologie, speziell Neuro-, Sinnes- und Verhaltensphysiologie; Anschrift: Universität Zürich, Zoologisches Institut, Winterthurerstraße 190, CH-8057 Zürich, Tel.: 00 41/44/6 35 48 31, Fax: 00 41/44/6 35 57 16, e-mail: rwehner@zool.unizh.ch