

# Köpfe und Ideen

2010



*Wissenschaftskolleg zu Berlin*

INSTITUTE FOR ADVANCED STUDY





## Zum Auftakt

Luca Giuliani

Das vorliegende fünfte Heft „Köpfe und Ideen“ portraitiert – wie auch die Ausgaben zuvor – eine kleine Auswahl der diesjährigen Fellows. Die meisten Beiträge stammen von Journalisten, die von außen auf die Arbeit des einzelnen Wissenschaftlers blicken. Eine Ausnahme ist das Portrait der Mathematikerin und Physikerin Marie Farge, das von einem Mitfellow geschrieben wurde; damit wird zugleich eine Brücke geschlagen über den vermeintlich breiten, tiefen Graben zwischen Natur- und Geisteswissenschaften. Der Schriftsteller Martin Mosebach hingegen hat in seinem „Brief aus Berlin“ eine kleine Liebeserklärung an den Berli-

ner Winter verfasst, die geeignet ist, selbst eingefleischte Winterverächter versöhnlich zu stimmen.

In den fotografischen Portraits von Maurice Weiss sind die Forscher mitsamt ihrem Gepäck dargestellt. Dieses erscheint, obwohl die Fellows in so vieler Hinsicht eine heterogene und bunte Gruppe sind, doch erstaunlich gleichartig: die Logistik schafft einen unübersehbar gemeinsamen Nenner. Ob die Fellows nach ihrem Jahr am Wissenschaftskolleg freilich „noch einen Koffer in Berlin“ behalten: das wird sich erst noch zeigen.

# Inhalt

## 6 **Moralischer Fortschritt?**

Der New Yorker Soziologe und Philosoph Steven Lukes untersucht die Geschichte der Moral und kommt dabei an der Frage des moralischen Fortschritts nicht vorbei  
Interview: Ralf Grötter

Fellow 2009/2010

## 16 **Vom Wirbel um die Turbulenz**

Die französische Physikerin Marie Farge versucht dem Problem der Turbulenz mithilfe der Wavelet-Theorie zu Leibe zu rücken  
von Claus Pias

Fellow 2009/2010

## 22 **Können Ameisen zählen..., rechnen..., kalkulieren...?**

Der Biologe und Wissenschaftshistoriker Manfred Laubichler spürt den Mechanismen der Arbeitsteilung nach  
von Julia Voss

Fellow 2009/2010

## 28 **Der Deichdenker**

Eine Begegnung mit dem Kunsthistoriker und Bildwissenschaftler Horst Bredekamp, der Wissenschaft zwischen rituellem Rückzug und institutionellem Volldampf betreibt  
von Alexander Cammann

Permanent Fellow 2009/2010



**38 „Was mit Medien...“**

Ist Medienreflexion institutionalisierbar? – Claus Pias fragt sich,  
was aus der Medienwissenschaft werden soll

Interview: Jürgen Kaube

Fellow 2009/2010

**44 Die drei von der Quantenphysik**

Jens Eisert, Tobias Osborne und Ulrich Schollwöck sind den  
Geheimnissen komplexer Quantensysteme auf der Spur  
von Rainer Scharf

Fellows 2009/2010

**54 Brief aus Berlin**

Berliner Winter  
von Martin Mosebach

Fellow 2009/2010

**56 Bildnachweise und Autoren**

**58 Impressum**



## Moralischer Fortschritt?

Der New Yorker Soziologe und Philosoph Steven Lukes untersucht die Geschichte der Moral und kommt dabei an der Frage des moralischen Fortschritts nicht vorbei

Fellow 2009/2010

Interview: Ralf Grötzer

**Ralf Grötzer:** Wir reden heute viel darüber, ob in Ländern wie der Türkei oder China in absehbarer Zeit die Menschenrechte ebenso akzeptiert sein werden wie im Westen. Auf der anderen Seite gibt es Stimmen, nach denen auch wir im Westen den Endpunkt unserer moralischen Entwicklung noch nicht erreicht haben – etwa, weil wir immer noch ganz selbstverständlich unsere Mit-Lebewesen verspeisen – Tiere. Der amerikanische Schriftsteller Jonathan Safran Foer, der in seinem viel-diskutierten Buch „Eating Animals“ die Grausamkeiten

der Massentierhaltung anprangert, glaubt sogar, dass in zwanzig Jahren die meisten unserer Mahlzeiten vegetarisch sein werden. Vor diesem Hintergrund wäre es interessant zu wissen: Was verstehen wir unter moralischem Fortschritt? Und wie ist so etwas wie moralischer Fortschritt überhaupt möglich?

**Steven Lukes:** Moralischer Fortschritt, ebenso wie Fortschritt schlechthin, entstand als Idee während der Aufklärung: Eine Aufwärtsbewegung der Menschheit als



solcher! Sehr schön kommt dieser Gedanke beispielsweise in Condorcets Schrift „Entwurf einer historischen Darstellung der Fortschritte des menschlichen Geistes“ (Marie Jean Antoine Nicolas Caritat, Marquis de Condorcet, Esquisse d'un tableau historique des progrès de l'esprit humain, 1794) zum Ausdruck.

*(steht auf und zieht einen antiquarischen Band aus dem Regal)*

Ich bereite gerade eine neue Ausgabe dieser Schrift vor, die auf englisch erscheinen wird. Condorcet war der letzte der „Philosophen“, der kritischen Intellektuellen im vorrevolutionären Paris. Gegen Ende seines Lebens wurde er von den Jakobinern verfolgt und starb 1794 im Gefängnis. Den „Entwurf“ schrieb er auf der Flucht. Den Optimismus, den er trotz alldem aufbrachte, finde ich bemerkenswert. „Die moralische Güte des Menschen, die eine notwendige Folge seiner Konstitution darstellt, ist zu unbegrenzter Vervollkommnung fähig, wie auch seine anderen Eigenschaften“ ist im „Entwurf“ zu lesen. Und: „Die Natur hat Wahrheit, Glück und Tugend in einer unzerbrechlichen Kette aneinandergeschmiedet.“

Dieses Gedankenpaar – die Fähigkeit des Menschen zur Perfektion und die Interdependenz von Wahrheitsfindung und ethischen Zielen – findet man später erst bei Hegel, dann bei Marx und unzähligen Fortschritts- und Modernisierungstheoretikern des 19. und 20. Jahrhunderts, bis hin zu Francis Fukuyama und seiner triumphalen Idee vom „Ende der Geschichte“. Der zufolge

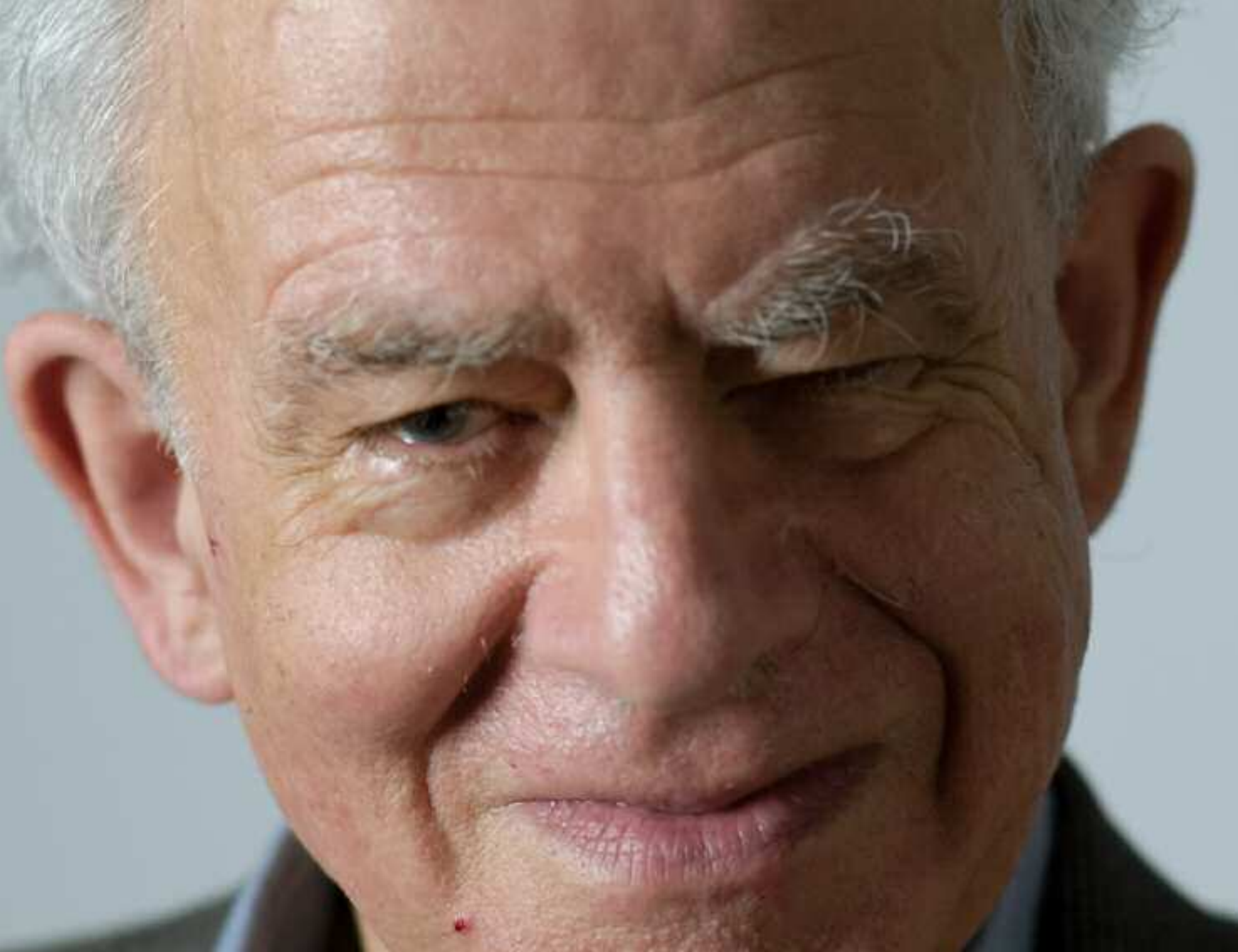
hat der Verbund von liberaler Demokratie und Kapitalismus alles erreicht, was es zu erreichen gilt.

**Grötter:** Beschreibt diese Fortschrittsgeschichte auch noch unsere Gegenwart?

**Lukes:** Heute ist insbesondere die politische Linke, die ja traditionell immer eine progressive, fortschrittliche Linie vertreten hat, nicht mehr länger sicher, was sie sich eigentlich für die Zukunft wünscht. Sozialismus: was soll das sein? Gut, der Name steht für ein soziales, politisches und ökonomisches System, das gerechter und effizienter ist als der Kapitalismus. Aber wie soll so etwas aussehen? Mein Freund und Kollege, der Politikwissenschaftler Claus Offe (Fellow 1991/92), meint, Progressive sollten heutzutage nicht neue Ideen verfolgen, sondern sich vielmehr auf Verteidigungsmechanismen konzentrieren, um die verheerenden Folgen des vermeintlichen „Fortschritts“ in den Griff zu bekommen. Dazu zählen etwa die steigende Arbeitslosigkeit, die wachsende Belastung der Sozialsysteme, oder, genereller, die Herausforderung, die darin besteht, die Versprechen einer sozialen Demokratie einzulösen. Ich glaube, dass Offe damit Recht hat.

**Grötter:** Aber gilt diese Skepsis auch für die Moral?

**Lukes:** Versuchen wir einmal, die Frage nach der Moral so zu stellen, dass sie Gegenstand einer sozialwissenschaftlichen Untersuchung sein kann...







**Grötter:** Wie wollen Sie das angehen?

**Steven:** Für unseren Zweck, glaube ich, ist ein Verständnis von Moral hilfreich, welches aus der Tradition der sogenannten Sentimentalisten stammt, also von Philosophen des 18. Jahrhunderts wie David Hume und Adam Smith. Dieser Denktradition zufolge ist eine Moral ein normatives System, welches eine Bandbreite von spezifisch menschlichen moralischen Empfindungen sowohl zum Ausdruck bringt wie auch kanalisiert. Zu diesen Gefühlen zählen Sympathie, Schuld, Scham, das schlechte Gewissen, Bedauern, Stolz, Dankbarkeit, Empörung, Verachtung, Ekel und so weiter. Diese Empfindungen, so scheint es, haben sich aus biologisch vorgegebenen Gefühlen entwickelt. Insofern ist es denkbar, dass auch Tiere über zumindest einige der Vorbedingungen für Moral verfügen.

**Grötter:** Die meisten Moralphilosophen – zumindest diejenigen, die in einer kantianischen Tradition stehen – würden auf Ihre Vorstellung von Moral entgegnen, dass Gefühle oder Empfindungen, wie zum Beispiel Sympathie, doch etwas anderes seien als Moral. Denn Moral geht einher mit moralischen Urteilen – Urteilen hinsichtlich dessen, was man moralischer Weise tun oder nicht tun soll. Und solche Urteile bedürfen einer speziellen Form der Begründung; einer Begründung aus Sicht eines unparteiischen Beobachters. Dahin gelangt man nicht auf dem Weg der Gefühle. Und Tiere können diese Art von begründeten Urteilen schon gar nicht fällen.

**Lukes:** Eine Empfindung, darunter verstehe ich die Fähigkeit, etwas zu fühlen. Und darum geht es in der Moral. Wenn wir moralisch urteilen, müssen wir ja nicht notwendigerweise in diesem Moment auch ein bestimmtes Gefühl erleben. Wer etwas als „empörend“ beurteilt, muss nicht selbst empört sein. Weiterhin ist es zumindest bei uns Menschen so, dass es gesellschaftlich geteilte Normen dafür gibt, was für Empfindungen in einer Situation angemessen sind. Am Ende sind es also von Normen geleitete Empfindungen, die uns helfen Akteure, Handlungen und Einstellungen zu beurteilen.

**Grötter:** Wie wollen Sie dieses Konzept wiederum empirisch erforschen – also operationalisieren?

**Lukes:** Nehmen Sie das Ultimatum-Spiel!

**Grötter:** Eine Person erhält eine Geldsumme, die sie beliebig mit einer zweiten Person teilen kann. Nimmt diese zweite Person, den Gesamtbetrag kennend, den ihr angebotenen Teilbetrag an, dürfen beide ihren jeweiligen Betrag behalten...

**Lukes:** ...lehnt sie ab, weil ihr die Aufteilung als unfair erscheint, gehen beide Spieler leer aus.

**Grötter:** Was hat das mit moralischem Fortschritt und normgeleiteten Empfindungen zu tun?

**Lukes:** In der ökonomischen Verhaltensforschung ist



das Ultimatum-Spiel ein Experimentalsystem, dessen Eigenschaften bis ins Detail erforscht sind. Dementsprechend gut stehen die Chancen herauszufinden, ob abweichende Ergebnisse durch neue, ins Experiment eingeführte Faktoren bedingt sind – oder von anderen, längst bekannten Effekten herrühren.

Nun hat man mit Hilfe des Ultimatum-Spiels herausgefunden, dass die meisten Menschen im Experiment ähnlich reagieren. Sie weisen Angebote zurück, die ihnen zu niedrig und deshalb als unfair erscheinen – auch, wenn sie dann selbst leer ausgehen. Insofern kratzt diese Art von Experimenten auch am Bild des homo oeconomicus. Es gibt aber auch Abweichungen: Angehörige des Walfängervolkes Lamelara in Indonesien zum Beispiel legten im Experiment mehr Wert auf gleiche Verteilung als Menschen in Europa, den USA oder China.

**Grötter:** Vielleicht weil diese Menschen relativ unberührt von unserer westlichen Kultur sind?

**Lukes:** Auch mit sogenannten Naturvölkern, die weitgehend abgeschottet im Amazonas-Gebiet leben, hat man das Experiment durchgeführt. Sie haben sich exakt so verhalten wie westliche Probanden. Die Wissenschaftler haben sich die Lamelara-Ergebnisse deshalb damit erklärt, dass für die Walfänger eine enge Kooperation und absolute Verlässlichkeit überlebensnotwendig sind. In meinen Augen zeigt das Experiment, dass das, was im Ultimatum-Spiel als „fairer“ Teilbetrag

empfunden wird, durchaus abhängig von kulturellen Normen ist. Von Hierarchien, von Aufstiegschancen innerhalb einer Gesellschaft – dies alles formt die emotionale Reaktion.

**Grötter:** Das alles bedeutet doch auch, dass es so etwas wie eine moralische Wahrheit, die es zu finden gälte, nicht gibt. Auch moralischer Fortschritt ist daher keine Angelegenheit des schlichten Auffindens oder Entdeckens. Was als Empfindung als angemessen gilt, ist vielmehr Sache des Aushandelns, der persönlichen oder gar kollektiv-historischen Erfahrung...

**Lukes:** ...ja, der gegenseitigen Interpretation. Gleichzeitig schwingt bei der Frage der Angemessenheit immer so etwas mit wie die Idee des unparteiischen Beobachters. Mir scheint, dass der unparteiische Beobachter – Adam Smith nannte ihn „den Mann in der Brust“ – den wir befragen, wenn wir moralische Urteile fällen, eine Art sozialpsychologische Version der kantianischen Instanz des „Gewissens“ ist. Nur dass diese Instanz eben in wirklichen Menschen verkörpert ist, die auf andere in konkreten Situationen Bezug nehmen.

Wir fragen unser alter ego: Was ist, von einem uneigennütigen Standpunkt aus betrachtet, die rechte Art des Empfindens? Dabei geht es nicht einfach nur darum, etwas moralisch als gut oder schlecht zu beurteilen, sondern immer ganz konkret um bestimmte Empfindungen. Die Reduzierung allein auf die Idee des moralischen Sollens, wie man sie in der kantianischen

Moralphilosophie ja auch heute noch findet, ist mir zu einspurig. Aus Kants Philosophie können wir wenig für unser konkretes Handeln ableiten.

**Grötter:** Das war auch nicht sein Ziel.

**Lukes:** Aber dennoch stellt sich uns doch die Frage nach dem richtigen Handeln!

**Grötter:** Bedeutet das, dass sich Widersprüche im moralischen Urteil allein auf unterschiedliche Einschätzungen dessen zurückführen lassen, was wir als die angemessene Empfindung in einer spezifischen Situation erachten?

**Lukes:** Wenn man in die Geschichte schaut, aber auch, wenn man verschiedene Kulturen unserer heutigen Welt miteinander vergleicht, wird man bald bemerken, dass es eine Vielzahl von Moralsystemen gibt und dass auch die moralischen Ansichten in unserer eigenen Gesellschaft sehr stark auseinander gehen. Oft hat das etwas damit zu tun, dass ein anderer Ausschnitt aus dem Spektrum der Empfindungen besonders betont wird: Schuld, Ehre oder Scham. Und sowohl als Individuen wie auch im Kollektiv verfolgen Menschen manchmal sehr unterschiedliche Werte. Den einen liegt ihre persönliche Autonomie mehr am Herzen, den anderen die Solidarität innerhalb der Familie.

**Grötter:** Wir haben jetzt von unterschiedlichen morali-

schen Ansichten gesprochen. Wie kommt nun der moralische Fortschritt ins Bild?

**Lukes:** Vorab: es geht hier um die Entwicklung von Normen, nicht um tatsächliches Verhalten. Die Sklaverei zum Beispiel ist schon lange abgeschafft. Dennoch gibt es faktisch heute vermutlich mehr Sklaverei als vor hundert Jahren. Der Unterschied besteht darin, dass man Sklaverei nicht mehr öffentlich gutheißen kann. Fortschritt heißt hier also, dass so etwas wie Sklaverei, Vergewaltigung oder die Benachteiligung von Frauen heute zumindest als illegitim anerkannt ist – auch wenn Frauen weiterhin vielerorts benachteiligt, und, schlimmer noch, grausam misshandelt werden, wie etwa bei der Witwenverbrennung in Indien oder den brutalen sexuellen Übergriffen, die im Kongo an der Tagesordnung sind. Dies vorausgeschickt, möchte ich gern drei Erklärungen von moralischem Fortschritt unterscheiden.

**Grötter:** Nummer eins?

**Lukes:** Gemeinsam mit Philosophen wie Amartya Sen oder Martha Nussbaum gehe ich davon aus, dass es Basisvoraussetzungen gibt, die notwendig für „menschliches Funktionieren“ sind. Man kann eine Liste von Befähigungen aufstellen, die nötig sind, um ein menschenwürdiges Leben zu führen. Auf einer solchen Liste würde man Dinge finden wie körperliche Unversehrtheit, Wohnraum, Lesen und Schreiben können, bis hin



zu der Möglichkeit, sich in der Gesellschaft bzw. Öffentlichkeit ohne Schamgefühl bewegen zu können. An dem einen oder anderen Punkt mag man sich über die Ausgestaltung einer solchen Liste streiten. Aber im Prinzip, meine ich, kann man sich schon einigen. Fortschritt besteht nun ganz einfach darin, diese Basisvoraussetzungen nach und nach immer mehr Menschen auch wirklich zugänglich zu machen. Oder darin, in einem ersten Schritt zumindest anzuerkennen, dass hier ganz reelle Ansprüche bestehen.

**Grötter:** Okay, und Nummer zwei?

**Lukes:** Ich glaube, dass es neben den Basisvoraussetzungen für ein menschenwürdiges Leben so etwas wie fundamentale Gefühle gibt. Menschliches Leiden mit anzusehen beispielsweise versetzt uns in Stress. Schon Babys erleben das. Dieses Gefühl ist so universal wie der Ekel vor Körperflüssigkeiten. Damit einher gehen moralische Normen, welche Handlungen, die Schmerz und Leiden verursachen, verbieten. Solche Normen variieren allerdings hinsichtlich des Kreises von Personen, die darunter fallen, und der Arten von Schmerz und Leid, die in Betracht gezogen werden. Meine Vermutung ist dennoch, dass wir die historisch zu beobachtende Abwendung von körperlicher Züchtigung und die zunehmende Sensibilität hinsichtlich der Grausamkeiten, die Tieren zugefügt werden, dadurch erklären können, dass sich ein so starkes Gefühl wie Mitleid im Laufe der Zeit gegenüber anderen Faktoren durchsetzt. Dies

geschieht deshalb, weil unsere emotionale Fähigkeit, Mitgefühl zu empfinden, auf lange Sicht betrachtet die kulturelle Evolution von Normen, die auf dieses Gefühl bezogen sind, erleichtert. Das erklärt zum Beispiel auch die weltweiten Fortschritte, was die Abschaffung der Todesstrafe betrifft, erst in den europäischen Ländern und zunehmend auch wieder in den USA, die die Todesstrafe in den 1970er Jahren schon einmal als verfassungswidrig erklärt hatten. Einzig China, wo jedes Jahr mehrere tausend Menschen hingerichtet werden, passt nicht in diesen Trend.

**Grötter:** Was ist die dritte Erklärung für moralischen Fortschritt?

**Lukes:** Es gibt, neben den fundamentalen Gefühlen, Werte, die einen gewissen Vorrang haben – zum Beispiel deshalb, weil sie eine Vorbedingung dafür sind, dass andere Werte realisiert werden können. Gesundheit wäre in diesem Sinn ein vorrangiger Wert. Damit ließe sich vielleicht die beachtliche Erfolgsgeschichte von Nichtraucherschutz-Gesetzen in verschiedenen Ländern erklären.

**Grötter:** In der Forschung werden verschiedene Gründe genannt, warum das Rauchverbot am Arbeitsplatz, in Restaurants und Kneipen erst in den USA, dann aber auch in Europa akzeptiert wurde. Zunächst entsteht niemandem ein besonderer Aufwand, die neuen Regeln zu befolgen. In den meisten Restaurants zum Beispiel gibt

es Nichtraucherräume. Und dort, wo der Aufwand größer ist, wie zum Beispiel auf Langstreckenflügen, gab es folglich auch Widerstand. Weiter spielt es eine Rolle, dass Verstöße gegen die Nichtraucherregelung relativ schwer zu verbergen sind. Es gibt auch keine ausgeprägten Subkulturen, in deren Reihen Raucher Schutz finden könnten. Und schließlich hat auch die Gesetzgebung selbst zur Akzeptanz von Nichtraucherschutzregeln beigetragen. Auch unter Rauchern, das haben die Untersuchungen gezeigt, war die Zustimmung zu Nichtraucherschutzregeln stärker, wenn diese gesetzlich angeordnet wurden oder wenn man bereits Erfahrungen damit hatte sammeln können. Dies alles spricht nun dafür, dass ganz andere Faktoren als fundamentale Gefühle und vorrangige Werte den Wandel von Normen auslösen...

**Lukes:** Meine Frage ist auch nicht so sehr die nach dem Auslöser. Mich interessiert mehr, warum sich ein bestimmter Wert durchgesetzt hat. Was sich ja auch beim Nichtraucherschutz beobachten lässt, ist, dass es so etwas wie ein Bedürfnis nach Konsistenz, nach Folgerichtigkeit gibt: Wenn die Gefahren des Passivrauchens einmal bekannt sind, wird sich das Verhalten früher oder später dementsprechend ändern – ganz einfach, weil es Rauchern langfristig unangenehm sein wird, ihre Mitmenschen zu schädigen.

**Grötzer:** Verhält es sich nicht ganz ähnlich mit dem zunehmenden Bewusstsein dafür, dass an unserem Ver-

zehr von Tieren etwas nicht in Ordnung sein könnte? Vielleicht werden ja wirklich in zwanzig Jahren die meisten Mahlzeiten, die wir einnehmen, vegetarisch sein. Die Rahmenbedingungen jedenfalls würden stimmen: niemandem entsteht ein besonderer Aufwand; es existiert keine ausgeprägte Minderheitenkultur; und wir sammeln zunehmend Erfahrungen in Sachen vegetarischer Ernährung.

**Lukes:** Condorcet brachte Ende des 18. Jahrhunderts die Frage auf, wie man es rechtfertigen könne, dass die Menschenrechte der Hälfte der Menschheit – nämlich den Frauen – verwehrt blieben. Solcherart Fragen sind es, die für die Dynamik moralischen Fortschritts verantwortlich sind, weil durch sie moralische Normen zunehmend universal werden. Unterschiede zwischen Mann und Frau, zwischen ethnischen Gruppen und vielleicht auch zwischen Menschen und Tieren werden aus moralischen Gründen zunehmend nicht mehr als Argument akzeptiert, verschiedene Behandlungsweisen zu rechtfertigen. Deshalb: Ja, vielleicht wird uns der moralische Fortschritt wirklich in absehbarer Zeit zu Vegetariern machen.





# Vom Wirbel um die Turbulenz

## Die französische Physikerin Marie Farge versucht dem Problem der Turbulenz mithilfe der Wavelet-Theorie zu Leibe zu rücken

Fellow 2009/2010

von Claus Pias

Anders als unsere alltäglichen Computer, die mit bürokratischer Ruhe eins nach dem anderen erledigen, führen Vektorrechner eine Berechnung an vielen Daten zugleich durch. Anstatt die Welt als allgemeine Warteschlange zu betrachten, bei der man sich einfach hinten anstellen muss, um irgendwann dranzukommen, fordern sie einen systematischen Blick darauf, was sich ähnlich ist, sodass es gemeinsam in einem Schritt behandelt werden kann. Daher entfalten Vektorrechner ihre Geschwindigkeitsvorteile nur, wenn viele Daten auf die gleiche Weise bearbeitet werden können. Diese Daten müssen aber erst einmal vorhanden sein und dann im gleichen Moment zur Verarbeitung herangeschafft werden. Und hier fangen die Probleme an – Probleme, mit denen sich Marie Farge vor drei Jahrzehnten beschäftigte, als sie um 1980 in Paris die ersten Testprogramme für die legendäre „Cray 1“ schrieb.

Die „Cray 1“ war damals der schnellste Rechner der Welt: eine schlanke, achteckige Säule mit 100 Megaflops (Millionen Rechenoperationen pro Sekunde) und einer

umlaufenden Sitzbank, unter der sich ein Freon-Kühlsystem verbarg, fünfeinhalb Tonnen schwer, knapp 200 Kilowattstunden konsumierend, von einer einzelnen Person entworfen und von unzähligen Frauenhänden verdrahtet. Frauen waren damals in der Informatik oft noch für die Zulieferarbeit zuständig. Nicht so Marie Farge – noch heute gerät sie ins Schwärmen, wenn sie von dieser Zeit erzählt. Ohne eine Sekunde überlegen zu müssen, kann sie die Rechnerarchitektur aufzeichnen, die Register, Speicherbänke und Pipelines skizzieren; sie kennt die Nanosekunden-Zyklen der verschiedenen Speicherzugriffe und schreibt noch fließend „Assembler“. Damals hat sie Matrizenmultiplikation optimiert, wofür Vektorrechner architektonisch hervorragend geeignet sind. Dabei liegen die Widerstände nicht in der Mathematik, sondern in der Konstruktion der Hardware. Wie befüllt man die schnellen 64 Vektorregister mit Daten aus den langsamen 8 Speicherbänken und verliert dabei möglichst wenig wertvolle Zeit durch Speicherzugriffe? Marie Farges Lösung besitzt den Charme eines gelungenen „hacks“: durch eine gezielte



Erweiterung der Matrix können die Spezifika der Hardware und die Eigenheiten des Compilers (der den Fortran-Code automatisch für Vektorrechner übersetzt) plötzlich so zusammenspielen, dass sich die Geschwindigkeitsausfälle bei Schreib/Lese-Vorgängen drastisch reduzieren. Für sie als Physikerin war die „Cray 1“ in diesem Moment weniger mathematisches Werkzeug denn physikalisches Experiment.

Wenn die These gilt, dass verschiedene Sprachen und Werkzeuge an unserem Denken mitarbeiten, indem sie die Welt unterschiedlich aufteilen, dann fördert die Programmierung von Vektorrechnern wahrscheinlich ein „Denken in Ähnlichkeiten“. Marie Farge lehrt und forscht an der École Normale Supérieure in Paris, und hört man ihr zu, so ist man überwältigt von der Assoziationsgeschwindigkeit, mit der sie sich zwischen Scientific Computing, Physikgeschichte, Mathematik und Phänomenologie bewegt und dabei leichtfüßig vom kleinsten Detail zu grundlegenden Fragen hin und zurück wechseln kann. Möglicherweise ist dies auch die Formel, durch die sich ihre Forschungen charakterisieren lassen: die Suche nach kohärenten Strukturen und ihre nichtlineare Interaktion auf multiplen Skalen.

Marie Farge, die oft in Nagoya und Tokio gearbeitet hat und deren Wohn- und Arbeitszimmer am Wissenschaftskolleg eine japanisch anmutende Klarheit und Ruhe ausstrahlt, beschäftigt sich mit turbulenten Strömungen. Bekanntlich ist unsere Lebenswelt von solchen

Turbulenzen erfüllt: vom kräuselnden Rauch einer Zigarette und den Milchwolken im morgendlichen Kaffee bis hinauf zu den Strömungen in der Atmosphäre und den Weltmeeren. Und eben weil wir alltäglich von Turbulenzen umgeben sind, erscheint uns so evident, was doch unendlich kompliziert ist. Die Wahrnehmung sagt uns schlicht: Zigarettenrauch steigt zunächst gerade nach oben, beginnt dann irgendwann Wirbel zu bilden und löst sich zuletzt auf – jedes Mal in anderen Formen, aber doch irgendwie immer ähnlich. Dies angemessen zu beschreiben, gehört jedoch zu den letzten großen ungelösten Problemen der klassischen Physik. Es zählt auch – unter der Beschreibung „Analyse von Existenz und Regularität von Lösungen der dreidimensionalen inkompressiblen Navier-Stokes-Gleichungen“ – zu den sieben Millenniums-Problemen der Mathematik, auf deren Lösung die „Clay-Foundation“ ein Preisgeld von je 1 Million Dollar ausgesetzt hat.

Natürlich hat man gelernt, auf unterschiedliche Weise mit Turbulenz umzugehen. Einerseits kann man sich solchen Phänomenen mit statistischen Ansätzen nähern, um die Mittelwerte vorherzusagen und um den Preis der Verallgemeinerung (etwa den Verzicht auf räumliche Grenzen) Vorhersagen für Klassen von Fällen zu machen. Andererseits kann man gewisse Einzelfälle praktisch behandeln, weil es in der Technik (beispielsweise der Industrie, dem Motoren- und Flugzeugbau) erforderlich ist, mit Turbulenzen operational umzugehen und befriedigende ad-hoc-Lösungen zu finden.





Aber eine Theorie der Turbulenz selbst ist noch nicht in Sicht, und die Forschung befindet sich noch immer in einem vorwissenschaftlichen Stadium. Zwar gibt es mit den Grundgleichungen der Strömungsdynamik (den sogenannten Navier-Stokes-Gleichungen) so etwas wie „first principles“, jedoch keine bewiesenen Lösungen für den allgemeinen dreidimensionalen Fall, aus denen man etwa das Verhalten eines einzelnen gegebenen turbulenten Systems vorhersagen könnte. Und mehr noch: Vielleicht kann man sagen, dass seit den Anfängen der modernen Turbulenzforschung Mitte des 19. Jahrhunderts immer noch offen ist, was die richtigen Fragen und was die entscheidenden Objekte sind.

In diesem Sinne versteht sich Marie Farge durchaus als Zeitgenossin von Hermann von Helmholtz, der 1858 seine Sätze über das Verhalten von Wirbeln in reibungsfreien Flüssigkeiten aufstellte, oder von Osborne Reynolds, der 1883 eine Kennzahl zur Beurteilung reibungsbehafteter Strömungsvorgänge fand, die das Umschlagen gleichmäßiger (laminarer) in chaotische (turbulente) Strömungen markiert. Marie Farges Fragen sind ebenso fundamental und einer klassisch cartesianischen Erkenntnistheorie verpflichtet: Was sind die wesentlichen Bausteine von turbulenten Strömungen? Wie lassen sie sich extrahieren, welchen Gesetzen folgen sie und wie sind sie miteinander verbunden? Schon seit der ersten internationalen Turbulenz-Tagung, die 1961 von Hans Liepmann in Marseille initiiert wurde, vermutet man, dass es solche kohärenten Strukturen geben

könnte, in die sich turbulente Strömungen zerlegen lassen. Hätte man sie gefunden, so ließe sich eine allgemeine Theorie aufstellen, um das deterministische Chaos von Turbulenz vorauszusagen. Diese wäre für die Erforschung des Flügelschlags eines einzelnen Insekts bis zu den Zirkulationen des globalen Klimas von kaum abzuschätzender Bedeutung.

Doch die bisherige Annahme, dass es sich bei diesen „Atomen“ der Turbulenz sehr wahrscheinlich um Wirbelstrukturen handelt, macht die Sache noch keineswegs einfacher. Denn wie, wo und warum bilden sich diese Wirbel? Wie identifiziert man einzelne Wirbel? Wie unterscheidet man, welche Wirbel für die Entwicklung des Gesamtsystems bedeutsam sind und welche nicht? Und welchen Detailgrad muss man überhaupt beachten, wenn es doch eine grundlegende Eigenschaft von nichtlinearen Prozessen ist, dass kleine Störungen überraschend große Auswirkungen haben können? Turbulenz spielt sich in verschiedensten Größenordnungen zugleich ab, aber eine vollständige Lösung der Bewegungsgleichungen (also eine „Direkte Numerische Simulation“ oder DNS) auf allen Skalen ist nur bedingt möglich. Mit welchen Mitteln trennt man aber dann das Hauptsächliche vom Nebensächlichen und die bedeutsamen Zusammenhänge vom unbedeutenden Hintergrund? Und wie lässt sich das Skalierungsproblem lösen?

Es ist Marie Farges Überzeugung, dass sich unsere Vorstellungen von Turbulenz mit den Medien verändern, in

denen wir sie untersuchen. Spätestens seit den Achziger Jahren ist es der Computer als Medium, der die Kategorien von Theorie und Experiment um eine dritte – die der Simulation oder des „numerischen Experiments“ – ergänzt hat. Und es sind neue Verfahren der Datenanalyse entstanden, die ohne Digitalcomputer nicht denkbar sind.

Beides spielt in Marie Farges Arbeit eine zentrale Rolle: Die Theorie entsteht im Wechselspiel von numerischen Experimenten, in denen Turbulenzen und die Emergenz von Wirbeln aus zufälligen Ausgangsbedingungen simuliert werden, und rechnergestützter Datenanalyse. Mehr noch kann man vielleicht sagen, dass die Verfahren der Datenanalyse hier selbst zu einer Form von Theorie werden. Die Technik nämlich, die Marie Farge benutzt, sind sogenannte „Wavelets“ – eine Erweiterung der Fourier-Analyse, die in den 1980er Jahren ursprünglich für die Filterung von Sonardaten in der Erdölindustrie entwickelt wurde und inzwischen kaum mehr aus der Signalverarbeitung wegzudenken ist. Am einfachsten kann man sie wohl in ihrer Anwendung als Komprimierungsverfahren für Bild- und Audiodaten beschreiben. Als solche dienen „Wavelets“ dazu, Information von Redundanz zu trennen und geschickt zu codieren – von dem abzusondern, was nur die Speicher verstopfen würde. Komprimierungsverfahren sind daher nicht nur Werkzeuge der Optimierung, sondern zugleich auch Erkenntnisinstrumente, weil sie Aussagen über Strukturen liefern.

Es ist diese strukturelle Analogie zwischen der Filterung von Information und der Filterung von Wirbeln, die „Wavelets“ mit der Suche nach den konstitutiven Elementen einer turbulenten Strömung verbindet. Wie destilliert man Wichtiges aus Unwichtigem? Mit „Wavelets“ scheint es möglich, genau das zu filtern und mathematisch zu fassen, was man in der Turbulenz zu erkennen hofft. Denn einerseits bilden sie ein effizientes Werkzeug zur Multiskalenanalyse und funktionieren zudem wie ein mathematisches Mikroskop mit beliebig einstellbarer Brennweite. Und andererseits basiert die Kompression selbst auf der Ermittlung zusammenhängender Strukturen, sodass große „Wavelet“-Koeffizienten zusammenhängenden Komponenten, den Wirbeln, und kleine „Wavelet“-Koeffizienten unzusammenhängenden Komponenten, dem Hintergrund, entsprechen. Aber es bedurfte Marie Farges Assoziationsfähigkeit, diese Zusammenhänge herzustellen. Vielleicht sind Wirbel und Turbulenz also nicht mehr das, was sie einmal waren, bevor es Computer gab. Vielleicht gilt aber auch jener Ausspruch von Heinrich Hertz, dem Pionier der Elektrizitätsforschung, den Marie Farge gerne zitiert: „Man kann sich des Gefühls nicht erwehren, dass diese mathematischen Formeln eine eigene, unabhängige Existenz haben, und klüger sind selbst als ihre Entdecker, dass wir aus ihnen mehr gewinnen können, als ursprünglich in sie hineingesteckt wurde.“





## Können Ameisen zählen..., rechnen..., kalkulieren...?

Der Biologe und Wissenschaftshistoriker Manfred Laubichler  
spürt den Mechanismen der Arbeitsteilung nach

Fellow 2009/2010

von Julia Voss

Der amerikanische Bundesstaat Arizona besteht aus einer riesigen Wüste, die sich im Südwesten erstreckt, und dem Grand Canyon, der den Nordwesten durchzieht – über die Hauptstadt Phoenix sagt man, dass dort Swimmingpools so häufig seien wie andernorts Garagen. Arizona ist damit wahrscheinlich der letzte Ort, an dem man einen Biologen vermuten würde, einen österreichischen noch dazu. Arizona ist aber genau der Ort, an dem der in Salzburg geborene Manfred Laubichler seit neun Jahren lehrt und forscht. Zuvor hatte er in Wien sein Studium beendet, wurde an der *Yale University*

als Biologe promoviert und hängte an der *Princeton University* ein Doktoratsstudium der Geschichte an. Wie um alles in der Welt aber verschlägt es einen Österreicher nach Arizona? Was lockt einen Biologen nach Tempe, den Standort der *Arizona State University*?

Manfred Laubichlers Geschichte muss von Österreich aus erzählt werden, dem Land, dem Bruce Chatwin in seinem Roman „Traumpfade“ ein kleines sprechendes Kapitel widmet, das davon handelt, wie er, der englische Reiseschriftsteller, Konrad Lorenz in seinem Garten in Altenberg besucht. Chatwin macht sich keine Illusionen



über den „Vater der Ethologie“, der ihn mit rosig gebranntem Gesicht empfängt. Er weiß von dessen Verstrickung in den Nationalsozialismus, er hat sein Buch über „Das sogenannte Böse“ aus dem Jahr 1963 gelesen, aber er ist trotzdem fasziniert von dem alten Mann, der ihm eine unvergessliche Darstellung von zwei kämpfenden männlichen Stichlingen gibt. Lorenz, schreibt Chatwin, schlug „die Hände unter seinem Kinn zusammen und spreizte die Finger, um die Stacheln der Stichlinge anzudeuten. Er verfärbte sich rot an den Kiemen. Er erblasste. Er schwoll an und er schwoll ab, er machte einen Satz nach vorn und floh.“ Zu seiner eigenen Überraschung trifft Chatwin mit Lorenz nicht nur einen ausgezeichneten Tierimitator, sondern, wie er schreibt, einen Menschen, der dem nahezu kindlichen Zwang unterliege, die Begeisterung über seine Entdeckungen mit anderen zu teilen. Man könnte das auch eine landestypische Eigenart nennen: In Österreich interessieren sich Biologen für die großen Fragen – von Konrad Lorenz über Rupert Riedl bis Irenäus Eibl-Eibesfeldt. Sie bleiben so hartnäckig an diesen Fragen, „bis sie darüber narrisch werden“, wie Manfred Laubichler sagt. Er selbst hat bei Rupert Riedl studiert, dem Meeresbiologen, Vertreter einer evolutionären Erkenntnistheorie und Mitbegründer des Konrad-Lorenz-Instituts für Evolutions- und Kognitionsforschung in Altenberg. Auch Laubichler hat natürlich eine große Frage. Sie lautet: Wie entsteht Arbeitsteilung? Und diese Frage umfasst alle Ebenen des Lebendigen, den Mikrokosmos wie den Makrokosmos – vom Genom über die Zelle bis zum Insektenstaat.

Österreicher zu sein, hilft also vielleicht dabei zu verstehen, dass es die großen Fragen sind, die das Fach der Biologie umtreiben und besonders spannend machen; dass es aber auch die großen Fragen sind, die leicht in die Irre führen. Deswegen ist es von Vorteil, die Geschichte zu kennen. Im Jahr 2006 gab Laubichler zusammen mit dem Wissenschaftshistoriker Michael Hagner einen Sammelband zu eben diesem Thema heraus: „Der Hochsitz des Wissens. Das Allgemeine als wissenschaftlicher Wert“, über die Bedeutung des Allgemeinen in den Wissenschaften des 19. und 20. Jahrhunderts. Wer glaubt, die Wissenschaften hätten sich im Zuge der Moderne nur in spezialisierte Fachgebiete aufgesplittert, irrt. Gerade die Biologie hat sich mit Charles Darwin, dem Begründer der Evolutionstheorie, parallel zu ihrer Institutionalisierung, Professionalisierung und Technisierung den großen Fragen zugewandt. In dem Maß aber, schreibt Manfred Laubichler in einem kürzlich für die „Encyclopedia of Life Sciences“ verfassten Artikel, in dem biologisches Wissen das Selbstverständnis des Menschen prägt, sei es „immer schon politisch“. An eine abgeschottete, an reiner Erkenntnis interessierte Wissenschaft glaubt Laubichler nicht. Und mit noch einem Missverständnis räumt er auf: der Vorstellung, dass die Kenntnis der Geschichte für die Wissenschaft selbst überflüssig sei. An naturwissenschaftlichen Fakultäten wird Wissenschaftsgeschichte häufig als ein mit abgelegten oder unbrauchbar gewordenen Ideen vollgestopfter Trödelkasten betrachtet. Wer an diesem Bild festhält, kann sich Laubichler als denjenigen vorstellen, der mit



schöner Regelmäßigkeit die Picassos auf dem Flohmarkt findet. Zusammen mit der Wissenschaftshistorikerin Jane Maienschein veröffentlichte er 2007 den Band „From embryology to Evo-Devo: a history of developmental evolution“, eine Geschichte der Entwicklungsbiologie von ihren Anfängen bis in die Gegenwart. Sein Interesse gilt vor allem dem deutschen Biologen Theodor Boveri, der im neunzehnten Jahrhundert an Seeigeln zu Vererbung und Entwicklung forschte. Was Boveri an der zoologischen Forschungsstation in Neapel beobachtete, ist, so Laubichler, heute nicht von weniger Interesse als vor hundert Jahren. Und damit wären alle drei Stränge genannt, die den Österreicher über den Ozean nach Amerika und schließlich in die Wüste von Arizona gezogen haben: Biologie, Geschichte und die Möglichkeit, beides in der Forschung miteinander zu verbinden. Es war die *Arizona State University*, die ihm die Ressourcen bereitstellte, welche es ihm erlaubten, sich nicht für eines von beiden entscheiden zu müssen. Mehr als hundertzwanzig Professoren beschäftigt die *School of Life Sciences* der Universität; das *Center for Social Dynamics and Complexity* das Laubichler leitet, zählt über fünfundzwanzig Mitarbeiter, darunter Biologen ebenso wie Anthropologen, Historiker, Philosophen, Informatiker oder Psychologen.

Was Arbeitsteilung heißt, lässt sich am besten an einem Beispiel zeigen, das in Arizona intensiv erforscht wird: den Ameisen. Ein Kollege, mit dem Laubichler eng zusammenarbeitet und auch publiziert, und der auch kurzzeitig sein Mitfellow am „Wissenschaftskolleg“

war, ist der seit 2004 an der *School of Life Sciences* und dem *Center for Social Dynamics and Complexity* lehrende Verhaltensbiologe Bert Hölldobler. Dessen jüngste Publikation, das zusammen mit Edward Osborne Wilson verfasste Werk „Der Superorganismus. Der Erfolg von Ameisen, Bienen, Wespen und Termiten“, ist vor wenigen Monaten auf Deutsch erschienen. Über Jahrzehnte hinweg hat der deutsche Zoologe das Verhalten von Ameisen studiert, eine gänzlich eusozial organisierte Tierfamilie, in der also selbst die Fortpflanzung arbeitsteilig durchgeführt wird. Ein typischer Ameisenstaat besteht aus einer eierlegenden Königin, Heerscharen von unfruchtbaren Weibchen und für einen kurzen Zeitraum auch einigen Männchen, die bald nach der Begattung sterben. Diese arbeitsteilige Organisation gibt den Forschern das große Rätsel auf, wie sie sich evolutionär entwickelt haben mag: denn obwohl das Genom der Tiere fast identisch ist, unterscheiden sich Ameisen eines Staates phänotypisch deutlich voneinander. Je nach Fütterung werden die Individuen während des Wachstums für verschiedene Aufgaben herangezogen - etwa zu Soldaten mit bulligen Beißwerkzeugen. Wie viele Soldaten ein Staat braucht, wird dabei offenbar kalkuliert. In New Jersey beispielsweise, wo bisher keine Feuerameisen leben, die andere Nester überfallen, bilden Staaten weniger Soldaten aus als in Florida, wo die Gefahr eines räuberischen Einbruchs tagtäglich droht. Mehr noch: Als im Zuge eines Experiments die Soldatentruppe eines Nestes durch Entnahme entsprechender Ameisen minimiert wurde, regulierte der Staat die Soldatenprodukti-



on nach oben, bis das vorherige Niveau wieder erreicht worden war. Ameisen können also zählen und Zahlen untereinander auf chemischem Weg kommunizieren. Noch verwickelter allerdings, als den Code dieses Kommunikationssystems zu dechiffrieren, ist die Frage, wie sich dieser herausgebildet hat. In einem anderen Experiment wurden zwei Ameisenköniginnen zusammen gesperrt – mit dem erstaunlichen Ergebnis, dass sie sich kurz darauf arbeitsteilig organisierten. Die eine Königin legte die Eier, die andere übernahm es, den Nachwuchs zu füttern. Wie aber entstehen solche Dominanzhierarchien? Gibt es evolutionär ausgebildete Strukturen von Sozialverhalten? Sind Individuen Agenten mit einem Regelsatz?

Für Fragen dieser Art wurde in Arizona das *Center for Social Dynamics and Complexity* eingerichtet. Den Einwand gegen ein derart umfassendes Forschungsprogramm formuliert Laubichler selbst: Die Vorstellung, dass menschliches Verhalten auf ein reduktionistisches Schema heruntergebrochen werden könnte, kann zu Recht Unbehagen auslösen. Eben deswegen führt man in Arizona „Dynamics“ und „Complexity“ bereits im Titel des Instituts. Der Name ist Programm. Denn von der neodarwinistischen Vorstellung, dass die Gene eine Art Blackbox sind, die Organismen determinieren, hat man sich längst verabschiedet. Wofür man sich in Arizona interessiert, sind Kommunikation und Feedback-loops, Austausch- und regulatorische Entwicklungssysteme, die sowohl bei Wachstum und Differenzierung eines vielzelligen Organismus als auch im Lebenszyklus

eines Ameisenstaats oder in der Entwicklung von Institutionen und Kulturen beobachtet werden können. Das vereint Historiker wie Jane Maienschein und Zoologen wie Bert Hölldobler oder Manfred Laubichler, der auf beiden Feldern tätig ist. Inmitten der unterschiedlichsten Fachwissenschaftler kann man ihn sich als Kooperationsgenie vorstellen. Die Zeit in Berlin bietet ihm ideale Möglichkeiten, auch deswegen, weil er die Stadt und ihre reiche Wissenschaftslandschaft bereits durch seine regelmäßigen Forschungsaufenthalte am *Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte* kennt. Die Forschung über die Evolution der Arbeitsteilung lässt sich am besten mit Kollegen vorantreiben. Arbeitsteilig versteht sich.





## Der Deichdenker

**Eine Begegnung mit dem Kunsthistoriker und Bildwissenschaftler Horst Bredekamp, der Wissenschaft zwischen rituellem Rückzug und institutionellem Volldampf betreibt**

Permanent Fellow

von Alexander Cammann

Dort, wo die Schafe friedlich weiden, wächst Jahr für Jahr auch ein bedeutendes geisteswissenschaftliches Werk heran. Auf der Halbinsel Eiderstedt in Nordfriesland liegt der Rehmstackerdeich; hier steht nahe der Nordsee das Haus, in das sich Horst Bredekamp für acht bis zehn Wochen im Jahr zum Schreiben zurückzieht, auf halber Strecke zwischen Garding und Oldenswort, den Geburtsorten von Theodor Mommsen und Ferdinand Tönnies. In Einsamkeit und Freiheit wird hier unweit des Wattenmeeres seit nunmehr drei-

ßig Jahren formuliert, was an Eingebungen und Ideen sich angesammelt hat. Bredekamp ist hier für niemanden zu erreichen, mit Ausnahme seiner Frau; täglich zu einem festgesetzten Zeitpunkt gibt es ein einziges Telefonat mit den studentischen Hilfskräften an seinem Lehrstuhl, für Aufträge und zu erledigende Dinge. „Im Schreiben bin ich Autist“, erklärt Bredekamp, „es gibt dann um mich herum keine Gespräche und keine Elektronik.“ Es ist ein Gezeitenwechsel, dem sich der Kunsthistoriker freiwillig unterwirft; in dieser stillge-



stellten Zone fernab vom Wissenschaftsbetrieb entsteht Buch um Buch.

Der Kunsthistoriker Horst Bredekamp ist eine rätselhafte Gestalt. Seine Produktivität raubt einem den Atem; die Anzahl seiner Ämter und Funktionen übersteigen das normale menschliche Maß; sein Terminkalender diesseits der befristeten Nordseeinsamkeit ist dicht getaktet wie der eines Spitzenpolitikers oder Vorstandsvorsitzenden. Dennoch scheint die vibrierende Spannkraft seines Intellekts kaum je zu ermüden. Wenn Umberto Eco einen Doppeltgänger besitzt, wie eine schöne Fama besagt, so müßte dies ebenso für Bredekamp zutreffen. „Ja, zuletzt war es eindeutig zuviel“, seufzt der Kunsthistoriker, „es muss weniger werden“ – und der Zuhörer ahnt sogleich, dass dieser Satz von seinem Gegenüber sicher nicht zum ersten Mal ausgesprochen wurde. Eine Rastlosigkeit ist ihm ebenso zum Habitus geworden wie eine charmante nervöse Zerstretheit, die selbstredend nur eine Maske für ausdauernde Konzentration und Präsenz ist. Die *Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften* und die *Deutsche Akademie der Naturforscher*, die „Leopoldina“ in Halle, profitieren von ihrem Ordentlichen Mitglied. Und das *Wissenschaftskolleg*, an dem er bereits 1992/93 ein Fellowjahr verbrachte, hat ihn 2003 zum Permanent Fellow berufen. Seither nimmt er nicht nur an dessen wöchentlichen Kolloquien teil, sondern bestimmt auch massgeblich dessen wissenschaftliche Richtung mit und nimmt Einfluss auf die Fellowberufungen der kommenden Jahre. „Das Mira-

kel“, so Bredekamp, „liegt darin, dass sich das Wissenschaftskolleg nicht abnutzt; jeder Jahrgang hat eine eigene Physiognomie, und zu jedem Dienstagskolloquium gehe ich noch immer mit einer gewissen festlichen Spannung.“ Daneben steuert er diverse Großforschungsprojekte an der Berliner *Humboldt-Universität*, an der er seit 1993 lehrt; maßgeblich prägt er das dortige *Hermann-von-Helmholtz-Zentrum* für Kulturtechnik, wofür er 1998 sogar den Ruf an die *Bibliotheca Hertziana* in Rom, immerhin ein Max-Planck-Institut, ausschlug. Er war Mitglied der Kommissionen des Wissenschaftsrats zur „Zukunft der Geisteswissenschaften“ und zur „Zukunft der Medienwissenschaften“; er wirkt in zahllosen Beiräten von Stiftungen und Institutionen im In- und Ausland mit. Dass zu einem solchen Dasein als Wissenschaftsorganisator ein ausgeprägter Wille zur Gestaltung gehört, versteht sich. Jedoch klingt es ebenso glaubwürdig, wenn Bredekamp seine Arbeit in Großforschungsprojekten und Institutionen als innere Pflicht bezeichnet: „Ich bin ja privilegiert in meiner intellektuellen Arbeit – also habe ich die Verpflichtung, den Einrichtungen, die mir diese Arbeit ermöglichen, etwas zurückzugeben.“ Zudem sei die Kollektivarbeit – neben dem schreiberischen Autismus – für ihn ebenfalls ein „Stück vom Glück“; die Anregungen durch andere, seien es Studenten, Mitarbeiter oder Gelehrte, wären für sein Denken von immenser Bedeutung. Wie weit seine intellektuellen Neigungen reichen, davon kündigt auch indirekt die von Schülerinnen und Schülern herausgegebene voluminöse Festschrift zu seinem sechzigsten



Geburtstag, zu der auch viele Nicht-Kunsthistoriker Aufsätze beisteuerten. Und auf einigen Seiten findet man dort Fotografien, die den bis heute begeisterten Fußballer Horst Bredekamp in Aktion zeigen. Vielleicht sein populärstes Buch schrieb er denn auch über die Bedeutung des „calcio“ im Florenz der Medici während der Karnevalszeit: als Repräsentationsform der Machtelelite und Massenvergnügung.

Wer auf die Realitäten des heutigen Großforschungsbetriebs schaut, der muss es tatsächlich als ein kleines Wunder ansehen, dass Bredekamp im Laufe der Jahre mitnichten zu einem sich in Routinen und Positionskämpfen genügenden Interessenverwalter mutiert ist. Vielmehr ist er die seltene Verkörperung eines einflussreichen Geisteswissenschaftlers, dessen Neugier trotz institutioneller Macht ungebrochen ist; die Lust an der Erkenntnis und der Gedankenverfertigung ist dem 1947 in Kiel geborenen Sohn eines Kapitäns im Laufe seiner Karriere nicht abhanden gekommen. Erkenntnisprozesse bieten auch für Bredekamp immer noch Überraschungen: „Sie sind eben nicht durch den freien Willen zu planen“, lacht er. Auch ihm kann es passieren, wie er fasziniert erzählt, dass ihn, ermüdet auf dem abendlichen Heimweg vom Wissenschaftskolleg, vor einer roten Ampel urplötzlich ein Gedanke überkommt, der zentrale bisherige Positionen seiner Theorie des Bildakts um 180 Grad dreht. So geschehen im Oktober 2009, und bald nachlesbar in eben jener „Theorie des Bildakts“, der Ausarbeitung seiner

Frankfurter Adorno-Vorlesungen von 2007, die im Herbst erscheint.

„Meine Ideen laufen vor den Fakten her, und es ist immer eine besondere Anstrengung nötig, damit am Ende die Fakten die Ideen einholen.“ Entsprechend lange kann die Detailarbeit dauern, erklärt Bredekamp; fünf Jahre brauchte er für seine Studie „Die Fenster der Monade“ über die visuellen Überlegungen des Philosophen Gottfried Wilhelm Leibniz als Voraussetzung für dessen Denken (2003); acht Jahre dachte er über Thomas Hobbes „Leviathan“ und dessen Bild vom Staat nach (1999). Und fast zwanzig Jahre nach seinen ersten Überlegungen veröffentlichte er 2007 seine große Studie über den Astronomen Galileo Galilei, dessen Entdeckungen am Himmel ohne seine künstlerischen Fähigkeiten nicht möglich gewesen wären. Es war ein triumphaler Abschluss dieser Trilogie über die künstlerisch-visuellen Voraussetzungen natur – und geisteswissenschaftlichen Denkens – und wir finden hier Bredekamp in nuce: ein Forscher mit Interessen, die weit über das engere, traditionelle Geschäft der Kunstgeschichte hinausgreifen und sich demzufolge im engsten Austausch mit anderen Wissenschaften weiterentwickeln. Ein imperialer Gestus ist Bredekamps suggestivem Denkstil dabei zweifellos zueigen. Wer seine Vorträge hört, wird sich, auch wenn es ihm manchmal widerstreben mag, dem dynamischen Sog, der von diesem freundlich-besessenen Redner dort vorne ausgeht, kaum entziehen können. Seine drahtige Gestalt erscheint auf seltene Weise zart und zäh

zugleich – diese Mischung gehört ebenfalls zum Faszinum Bredekamp, wie jeder an dessen Forschungen zu Herrscher- und Künstlerrepräsentationen der Renaissance geschulte Betrachter unschwer erkennt. Dieser Überwältigungsästhetiker wirkt durch seine Kunstfertigkeit. Ein bißchen Magie und Charisma gehören stets zur Rolle. Insofern gilt in einem doppeltem Sinne: Bei Bredekamp ist Aura am Werk.

Die herkömmlichen Fragen und Themen der Kunstgeschichte, die um die großen Werke und Künstler, also die „Hochkunst“, kreisen, haben sich nach seiner Überzeugung als zu eng erwiesen. Auch deshalb provozierte Bredekamp vor Jahren einen Kunsthistorikertag mit seiner Forderung nach einem „Aufstand“. Forciert hat er hingegen gemeinsam mit anderen über die Jahre hin die Grenzüberschreitung seines Faches betrieben, hin zu einer historischen Bildwissenschaft, die alle Bereiche des Visuellen als zentrale Phänomene des menschlichen Daseins in den Blick nimmt - darin besteht das eigentliche „Bredekamp-Projekt“. Der Bildwissenschaftler wird in seiner „Theorie des Bildakts“ in einer theoretischen Bündelung die handlungsstiftende Kraft von Bildern begründen, die aus deren grundsätzlicher Ambiguität resultiert: einerseits leblose Materie zu sein, andererseits von äußerst lebhafter Wirkung auf Menschen. Die Bildwissenschaft nicht nur als Leitwissenschaft unserer bilderzentrierten Zeit, sondern gar als DIE allgemeine Theorie unserer Gegenwart? „Mich interessiert, wie Denken funktioniert“, erklärt Brede-

kamp seine Motivation und ergänzt sogleich seine Antwort: „Wir denken durch Formen.“ Vielleicht kann man in solchen Vorstellungen Spurenelemente eines Materialismus bei jemandem entdecken, der einst marxistisch anfang: seine Dissertation, 1975 unter dem Titel „Kunst als Medium sozialer Konflikte. Bilderkämpfe von der Spätantike bis zur Hussitenrevolution“ erschienen, kündigt davon. „Ich habe Marx nie verloren“, bekennt Bredekamp, er greife immer noch zu ihm - hinzugekommen seien mit der Zeit allerdings viele andere Denker, vor allem auch Walter Benjamin und Carl Schmitt, deren bipolarer Brüderschaft er eine vielbeachtete Studie gewidmet hat. Zum intellektuellen Rückgrat seines Argumentierens ist Aby Warburg geworden, mit dem ihn nicht zuletzt der Kampf gegen „grenzpolizeiliche Befangenheit“ und der „aufrichtige Ekel vor der ästhetisierenden Kunstgeschichte“ (Warburg) verbindet. Ein weiteres Leitgestirn in Bredekamps Kosmos ist zweifellos Erwin Panofsky, der nicht zufällig ebenfalls in engem Austausch mit Forschern anderer Disziplinen stand und einen bemerkenswerten Aufsatz über Galilei als Künstler verfasste.

Eine ungewöhnlich kreative Generation deutscher Kunsthistoriker hat das Fach maßgeblich in den letzten Jahrzehnten geprägt – darin anderen Geisteswissenschaften übrigens gar nicht unähnlich. Neben Bredekamp kann man Hans Belting, Gottfried Boehm, Werner Busch und viele andere, vor allem Bredekamps akademischen Lehrer, den zehn Jahre älteren Martin



Warnke, nennen. Ist diese mächtige Phalanx auch eine enorme Belastung für die Nachwachsenden? So recht will Bredekamp das nicht gelten lassen: „Es kommen ausgezeichnete Leute nach, der momentan in Harvard lehrende Frank Fehrenbach oder auch Ulrich Pfisterer in München wären zwei aus einer ganzen Reihe anderer.“ Seine Generation habe allerdings profitiert von einer vergleichsweise frühen Modernisierungsbewegung im Fach, die in den sechziger Jahren einsetzte und 1968 in der Gründung des „Ulmer Vereins“ kulminierte, der die traditionelle Kunstgeschichte kritisch mit gesellschaftstheoretischen Fragestellungen konfrontieren wollte und das bis heute tut. „Es ging damals eigentlich um die Negation einer Negation: 1933 wurden durch die Vertreibung vorzüglicher Wissenschaftler ins Exil die Geisteswissenschaften in Deutschland geköpft. Methodologische Debatten in der Kunstgeschichte, bis dahin eine Leitwissenschaft, brachen ab; bis in die sechziger Jahre fanden sie im Grunde nicht mehr statt.“ Seine Generation, so ließe sich hinzufügen, hat das dann glänzend nachgeholt.

Ausgezeichnet mit dem Sigmund-Freud-Preis für wissenschaftliche Prosa der *Deutschen Akademie für Sprache und Dichtung* (2001), mit dem Hamburger Aby M. Warburg-Preis (2005), mit dem Marburger Richard-Hamann-Preis für Kunstgeschichte (2009), als global player der deutschen Kunstgeschichte überall zu Gast, unter anderem in Princeton und am *Getty Center* in Kalifornien: Was will man da eigentlich noch erreichen? Er

lächelt und antwortet mit einem ewigen Projekt, das er mit sich herumschleppe und das irgendwann noch ans Licht der Öffentlichkeit müsse: die nordspanische Skulptur der Romanik. Tatsächlich können begeisterte Studenten von gemeinsamen Exkursionen entlang des Jakobswegs nach Santiago de Compostela berichten. Ein anderer Bredekamp-Traum, an dessen Umsetzung er kraftvoll arbeitet, zielt ins Herz der Hauptstadt: das Humboldt-Forum vis a vis der Berliner Museumsinsel. Hinein in das – wie auch immer dann gestaltete – Schloßgebäude sollen nach seiner Idee die wissenschaftshistorisch so bedeutsamen Sammlungen der *Humboldt-Universität*, um deren Wiederentdeckung sich Bredekamp in den vergangenen Jahren bemüht hat, unter anderem in einer vielbewunderten Ausstellung im *Martin-Gropius-Bau*. Die Kunstkammer der Renaissance, jene Keimzelle des modernen Museums, die er intensiv erforscht hat, würde im Schloß eine reale Wiederauferstehung feiern können: Artefakte aus Kunst, Technik und Wissenschaft, vereint im anregenden Miteinander – das wäre für ihn eine „verwirklichte Utopie“. Ohnehin seien die zwei Jahre am Museum, die er nach dem Studium als Volontär am Liebieghaus in Frankfurt am Main verbrachte, vielleicht seine glücklichste Zeit gewesen.

Ansonsten wäre da „etwas fürs Alter“, Bredekamp murmelt es in zurückhaltender Beiläufigkeit: vielleicht noch das große Michelangelo-Buch... Man braucht ihm nicht zu sagen, wie viele dieses Werk von ihm begierig erwar-



ten; vor 150 Jahren hatte Herman Grimm, einer seiner Vorgänger auf dem Berliner Lehrstuhl, ein zweibändiges Riesenwerk über den Künstler vorgelegt. Vorerst begnügen wir uns mit Bredekamps 2009 publizierten Michelangelo-Essays, in denen er auch auf die unvollendeten Werke und die Zeitknappheit dieses vielgefragten Künstlers eingeht, als Produkt und Voraussetzung seines Schaffens: Die zeitliche Bedrängung war auch ein Problem des 16. Jahrhunderts; sie zeigt jedoch ebenso, „dass Zwänge dieser Art zu Auswegen führen konnten, die der Epoche eine Signatur zu geben vermochten.“ Wer wollte das nicht als Blick in die geplagte und zugleich selbstbewusst hoffende Seele des Autors lesen? Dass wir vom dynamischen Denker Horst Bredekamp noch einige intellektuelle Signaturen unserer Epoche erwarten dürfen – geschrieben natürlich auf dem Deich an der Nordsee –, das jedenfalls scheint gewiss.





## „Was mit Medien...“

Ist Medienreflexion institutionalisierbar? - Claus Pias fragt sich, was aus der Medienwissenschaft werden soll

Fellow 2009/2010

Interview: Jürgen Kaube

**Jürgen Kaube:** Herr Pias, vor kurzem sind, fast am selben Tag, zwei neue Zeitschriften für Medienwissenschaft herausgekommen. Abgesehen davon, dass man manchmal den Eindruck hat, es wäre für junge Disziplinen bisweilen besser, nicht allzu schnell zu wachsen und die guten Beiträge nicht auf zu viele Publikationsflächen zu verteilen – was ist das eigentlich, die Medienwissenschaft? Die triviale Antwort wäre ja: Forschung über Techniken der Kommunikation. Doch da stößt man dann auf das Problem, dass es solche Forschungen ja seit jeher auch schon unter anderen Etiketten gibt. Die Fächer heißen dann Kunstgeschichte, Soziologie, Archäologie, Politik-, Literatur- oder Filmwissenschaft. Inzwischen gibt es sogar eine Buchwissenschaft. Wie verhält sich zu all dem die Medienwissenschaft?

**Claus Pias:** Wissenschaftshistorisch betrachtet, hatte es das Interesse an Techniken und materiellen Technologien der Kommunikation innerhalb der genannten Fächer ja nicht immer leicht. Nehmen wir die Literaturwissenschaft. Dass z. B. Romane in Buch- oder mitunter

in Zeitungsform publiziert werden, also Druck voraussetzen, daraus wurde lange Zeit gar keine Erkenntnis gezogen. Man hielt sich an den „geistigen“ Inhalt, die Herstellungs- und Verbreitungstechniken sowie die möglichen mentalitätsgeschichtlichen Konsequenzen für ein „typografisches Zeitalter“ wurden als Nebensache behandelt. Als Friedrich Kittler sich in den Achtziger-Jahren in der Germanistik mit einer Arbeit über Aufschreibesysteme habilitieren wollte, die heute als Klassiker behandelt wird, schien das so undenkbar, dass dreizehn Gutachten nötig wurden. In der Kunstgeschichte war die Situation ein wenig besser, hier gibt es schon länger Beachtung für die technischen oder die medialen Voraussetzungen der Werke. Aber auch für die Philosophie gilt, dass Begriffe wie „Technik“ und „Kommunikation“ im Vergleich mit „Praxis“ oder „Bewusstsein“ erst sehr spät ausdrücklich zum Gegenstand des Nachdenkens wurden.

**Kaube:** Hinzukommt, wie mir scheint, eine lange Zeit herrschende merkwürdige Minderschätzung inklusiver



Kulturtechniken. Das Technische und Mediale erscheint lange als subaltern. Pierre Bourdieu schreibt noch in den Siebzigerjahren ein Buch über die Fotografie mit dem Untertitel „Eine illegitime Kunst“. Und warum war die Fotografie illegitim? Weil sie technischer und zugleich massenmedialer ist als die Malerei. Als die ersten Deutschlehrer im Gymnasium derselben Jahre mit Fernsehanalysen begannen, galt das manchen – unter anderem oftmals diesen Lehrern selber – als Abschied vom Abendland. Die mediale Seite von etwas zu untersuchen, schien auf den Abschied vom Kanon und vom Bildungswert hinauszulaufen.

**Pias:** Völlig richtig, und natürlich darf man die politische Dimension der Beschäftigung mit akademisch minderreputierten Gegenständen wie Pornos, Comics, Italowestern und Fernsehserien im Gefolge von 1968 nicht unterschätzen. Hinzu kommen medientechnische Entwicklungen, die ebenfalls für die Entstehung von Medienwissenschaft eine Rolle spielten. Ohne den Videorekorder und die dadurch geschaffene Möglichkeit des Zitierens hätte man einfach keine Filmwissenschaft in einem Seminarraum betreiben können. Eine zusätzliche Schwierigkeit liegt darin, dass „Medium“ jenseits von Einzelmedien wie Film, Fernsehen oder Fotografie ein funktionaler Begriff ist. Die Frage ist also: Welche mediale Funktion erfüllt etwas in einem bestimmten Kontext? Was kann alles zum Medium werden? Und welche Reichweite hat so ein Konzept wie „mediale Funktion“? Eine solche Funktionsbestim-

mung des Medialen – sei es nun in Kunst, Literatur, Musik, Physik, Biologie oder Recht – setzt aber ziemlich viel Kenntnis dieses jeweiligen Kontexts voraus. Oder umgekehrt formuliert: Die Medienwissenschaft muss stets achtgeben, nicht in Oberflächenbeobachtungen hängen zu bleiben. Und es ist für Geisteswissenschaftler oft natürlich auch ein gewisser Aufwand damit verbunden, sich die technischen Kenntnisse über Optik und Akustik, das Radio, den Computer oder ein Laborgerät anzueignen.

**Kaube:** Damit hätten wir jetzt schon eine ganze Liste von Gründen für die Unwahrscheinlichkeit der Medienwissenschaft. Trotzdem schießt das Fach seit etwa zwanzig Jahren in die Breite und mitunter auch in die Höhe. Inzwischen gibt es eigene medienwissenschaftliche Studien an fast fünfzig deutschen Universitäten. Man zählt weit mehr als hundert Studiengänge. Wie kommt das?

**Pias:** Ein Grund dafür ist sicher die Bedeutung, die den Medien – auch von den Medien selber – zugeschrieben wird. Das Wachstum des Faches erfolgte parallel zu dem, was man als die Ausbreitung der sogenannten „neuen Medien“ bezeichnet. Daraus schloss man oft fälschlicherweise, dass ein medienwissenschaftliches Studium eine berufsqualifizierende Maßnahme sei. (In Wahrheit scheint es mir eher ein Renovierungsunternehmen der Geisteswissenschaften zu sein.) Ein zweiter Punkt ist, dass Medienumbrüche wie die Digitalisierung immer zum Rückblick auf die gerade vergehende





Medienepoche verleiten. Und zuletzt leben wir offensichtlich in einer Gesellschaft, die sich selbst seit Jahrzehnten Geschichten von der Macht der Medien und der Wirklichkeit als Medienkonstrukt erzählt. Man spricht von „vierter Gewalt“, wenn man die Zeitungen und das Fernsehen meint. Findet irgendwo ein Amoklauf statt, werden Ego-Shooter-Spiele oder das Internet verantwortlich gemacht. Ganze Generationen werden nach den Medien eingeteilt und charakterisiert, die in ihrer Jugendzeit auf den Markt kamen. Die Medienwissenschaft erscheint insofern als die Schlüsseldisziplin für Zeitdiagnosen.

**Kaube:** Über die Zeitdiagnostik schweigen wir lieber. Sie ist ja am Ende nicht viel mehr als die Textgattung, durch die Wissenschaftler sich Präsenz in den Medien sichern – und die Medien, den Göttern sei’s geklagt, fallen immer wieder darauf rein. Was die Träume der Studenten angeht, durch Medienwissenschaft in die Medien hineinzukommen: Wäre es nicht viel naheliegender, diesen Wunsch durch ein Studium zu befördern, das sich anstatt mit „Medien“ mit etwas ganz Bestimmtem, beispielsweise dem Film oder dem Fernsehen befasst? Worin läge denn der außerwissenschaftliche, berufspraktische Sinn einer Beschäftigung mit „Aufschreibesystemen“ oder mit der Geschichte der Kybernetik?

**Pias:** Ein Bachelor in Medienwissenschaften, wo sechs Semester lang Seminare über McLuhan, Kittler, die Geschichte des indischen Kinos, die Soziologie des Hip-

Hop und die Medienpsychologie belegt werden, ist bestimmt interessant – aber führt gewiss nicht zu gesteigerter Verwendungsfähigkeit im Fernsehen oder in Internet-Redaktionen. Da wäre es vermutlich besser, die Leute würden Geographie, Geschichte, Musikwissenschaft oder Soziologie studieren und dann versuchen, mit ihrer soliden Kenntnis irgendeines Faches den Weg in einen Medienberuf zu finden.

**Kaube:** Blicke die Medienwissenschaft als wissenschaftliche Disziplin. Kommen wir zur Ausgangsfrage zurück. Niemand bestreitet heute mehr den Sinn der Frage nach den medialen Aspekten von Literatur, Architektur, Erkenntnistheorie oder Erziehung. Aber braucht man zum Studium solcher Aspekte eine eigene Disziplin?

**Pias:** Vielleicht kann man es so formulieren: Weil der Begriff „Medien“ viel weniger bestimmte Sachen meint, als eine Art, über Sachen zu reden, also ein erkenntnistheoretisches Problem, das in ganz verschiedenen Disziplinen – von der Ästhetik über die Medizin bis zur Informatik – auftaucht, gehört die Medienperspektive in diese Disziplinen hinein und sollte nicht aus ihnen herausgelöst werden. Paradoxerweise muss man die Disziplinen erhalten, um sie zu verändern. Das ist im Grunde so wie bei den „Gender Studies“. Deren Perspektive funktioniert ja auch am besten innerhalb bereits existierender Disziplinen. Als eigenes Fach bringt sich der Feminismus gerade um die Pointe, in den Fachdiskur-



sen auf seinem Argument zu bestehen. „Medien“ – das ist im selben Sinne eine Fragestellung und kein Fach. Diese Fragestellung sollte nicht nur aus den Fächern heraus verfolgt werden, sie kann auch nur aus den Fächern heraus gestellt werden, denn sie setzt ziemlich viel Kenntnis voraus, die man in einem Gemischtwarenstudium „Medien“ nur schwerlich erlangt. Dennoch halte ich die Medienfrage für so zentral und produktiv, dass über neue und angemessene Institutionsformen nachzudenken unerlässlich ist.

**Kaube:** Das ist ein in der Disziplinengeschichte immer wiederkehrendes Problem. Wie schafft man es beispielsweise als Rechts- oder Literatursoziologe, das Niveau der rechts- oder literaturwissenschaftlichen Erkenntnis nicht zu unterbieten? Nun, die Soziologie wurde ein Fach. Die Medienwissenschaft wird gerade auch eines, anders als Kybernetik oder Semiotik oder Strukturalismus, was ja analoge „Fragestellungen“ waren, aus denen aber zumeist kein Fach wurde, sondern eine Perspektive in den Fächern.

**Pias:** Die Medienwissenschaften sind demgegenüber vom Erfolg ihrer vordisziplinären Erkenntnisperspektive überrollt worden. Die Frage nach einer Epistemologie der Medien hat auf allen denkbaren Gebieten überaus fruchtbare Erkenntnisgewinne erbracht. In kurzer Zeit entstanden Klassiker. In kurzer Zeit gestanden die meisten Fächer ein, dass an dieser Perspektive etwas und sogar ziemlich viel dran sei. Aber dieser Erfolg, das hat

man vergessen, wurde eben gerade nicht im Rahmen einer institutionalisierten Disziplin erzielt. Es waren Nomaden in den Fächern, die eine ganz besondere Kenntnis dieser Fächer nachweisen mussten, um ihre Medienfragestellung überhaupt vorbringen zu können. Und dank dieser Fragestellung kamen sie mit Nomaden aus anderen Fächern zusammen. Es waren nicht Dilettanten, die „medienwissenschaftlich“ beispielsweise über bildgebende Verfahren in der Medizin redeten, ohne das geringste Wissen von Medizin und medizinischer Informatik zu haben und deren Mitteilungen deshalb auch nie irgendeinen Mediziner erreichen werden.

**Kaube:** Neulich wurde eine Tagung angekündigt, die „Medien der Auferstehung“ hieß. Könnte es sein, dass es diese Bewirtschaftung der Medienfrage ist, die Sie irritiert?

**Pias:** Ja, ich fürchte, wenn die Medienperspektive nur noch bedeutet, dass man zu allem etwas sagen und einen Vortrag „made in media science“ halten kann, dann verschicken wir, was schon geleistet wurde.



## Die drei von der Quantenphysik

**Jens Eisert, Tobias Osborne und Ulrich Schollwöck sind den Geheimnissen komplexer Quantensysteme auf der Spur**

Fellow 2009/2010

von **Rainer Scharf**

Die Regeln des Spiels sind einfach, doch sein Ablauf kann bisweilen so komplex werden, dass selbst Supercomputer mit der Analyse hoffnungslos überfordert sind. Das Spiel ist die Quantenmechanik und die Spielsteine sind viele mikroskopisch kleine Teilchen, die nach den Gesetzen der Quantenmechanik wechselwirken. Das können die Atome in einem Tisch oder die Elektronen in einem supraleitenden Kristall sein.

Obwohl die Quantenmechanik zur Beschreibung von atomaren und molekularen Vorgängen entwickelt worden war, hat sie sich als universell gültige physikalische Theorie

erwiesen. Sie gilt im Bereich der Nanotechnologie ebenso wie in der Welt der makroskopischen Objekte, auch wenn hier ihre bisweilen bizarren Konsequenzen meist verborgen bleiben.

In den letzten Jahren hat sich ein pragmatischer Zugang zur Quantenmechanik entwickelt, der sie mit der Informationstheorie in Beziehung setzt. Dabei geht es zum einen darum, die Eigenschaften von Quantensystemen, die aus vielen Teilchen bestehen, möglichst effizient zu berechnen. Zum anderen will man die Möglichkeiten der Quantenmechanik in neuartigen „Quantencomputern“ nutzen.



Dabei hat es manche Überraschung gegeben. Einige quantenmechanische Vielteilchensysteme ließen sich sehr gut mit Elektronenrechnern analysieren, obwohl deren Arbeitsweise auf den Gesetzen der klassischen Physik beruht. Andere hingegen, die auf den ersten Blick kaum komplexer sind, könnte man nur mit einem Quantencomputer in den Griff bekommen, der das quantenmechanische Spiel perfekt nachspielen würde.

Jens Eisert, Tobias Osborne und Ulrich Schollwöck arbeiten am Schnittpunkt dieser zukunftssträchtigen Entwicklungen in der Quantenphysik. „Wir interessieren uns für verschiedene Aspekte der Quanteninformationstheorie und des Quantencomputings ebenso wie für die Beschreibung komplexer Quantensysteme“, erklärt Jens Eisert, dessen übersprudelnde Begeisterung für sein Arbeitsgebiet sofort ansteckend wirkt. Er hat in Deutschland und in den USA studiert, war am *Imperial College* in London Lecturer und hat jetzt eine Physikprofessur an der *Universität Potsdam* inne.

Die drei Forscher behandeln komplexe Quantensysteme als informationsverarbeitende Aggregate und untersuchen sie mit den Mitteln der Computerwissenschaft. Andererseits führen sie abstrakte Konzepte, die für den Quantencomputer entwickelt wurden, auf konkrete physikalische Probleme zurück, wie sie z. B. bei der Erforschung von supraleitenden Substanzen auftreten. Eine zentrale Rolle spielt in beiden Fällen der Begriff der Information, die es in klassischer und quantenmechanischer Form gibt.

Grundbaustein der klassischen Information ist das Bit, das den Wert „0“ oder „1“ hat. Größere Informationsmengen werden durch Bit-Strings dargestellt, Folgen von Nullen und Einsen wie „0110101...“. Herkömmliche Computer speichern und verarbeiten solche Bit-Strings. „Bei einer Berechnung wird eine Folge von Nullen und Einsen nach bestimmten Regeln in eine andere Folge umgewandelt“, erläutert Tobias Osborne mit leiser Stimme. Mit seiner bedächtigen Art gelingt es ihm, sehr abstrakte Zusammenhänge an konkreten Beispielen verständlich zu machen. Der gebürtige Australier ist nach dem Studium an der *University of Queensland* in Brisbane nach Großbritannien gegangen, war Postdoktorand an der *Bristol University* und ist nun Lecturer an der *Royal Holloway University of London*.

Für die Quanteninformation ist das Quantenbit oder Qubit der Grundbaustein, mit den Basiszuständen (0) oder (1). „Die Quantenmechanik sagt uns, dass ein Qubit noch viel mehr Zustände annehmen kann“, betont Osborne. „Das Qubit kann in einer quantenmechanischen Überlagerung der beiden Basiszustände sein, etwa (0)+(1) oder (0)–(1).“ Dann liegen die Zustände (0) und (1) gleichzeitig vor. In ähnlicher Weise ist Schrödingers Katze im Zustand „(tot)+(lebend)“ zugleich tot und lebendig.

Ein Qubit lässt sich z. B. auf einem Elektron speichern, das sich wie ein winziger magnetischer Kreisel verhält. In einem Magnetfeld kann sein Drehimpuls, der Spin, in Feldrichtung (Zustand (0)) oder ihr entgegen (Zustand (1)) zeigen. Darüber hinaus hat der Spin noch viele ande-



re Orientierungsmöglichkeiten, die unterschiedlich gewichteten Überlagerungen von (0) und (1) entsprechen.

Während alle Formen von klassischer Information gleichwertig sind und ineinander umgewandelt werden können, ist die Quanteninformation davon grundlegend verschieden. Nur in bestimmten Fällen lassen sich klassische Information und Quanteninformation ineinander umwandeln. So überträgt man ein klassisches Bit mit dem Wert „0“ oder „1“ auf ein Qubit, indem man dieses in den Zustand (0) bzw. (1) bringt. Den Zustand des Qubits kann man in diesem Fall durch eine Messung, etwa der Spinrichtung des Elektrons, ermitteln und dadurch das Bit zurückgewinnen.

Befindet sich das Qubit jedoch in einer unbekanntem Überlagerung aus (0) und (1), so lässt sich sein Zustand nicht durch Messung herausfinden. Die Messung ergibt nur ein zufälliges Resultat, entweder (0) oder (1). Da der unbekanntem Überlagerungszustand durch die Messung zerstört wird, geht Quanteninformation bei der Umwandlung in klassische Information unwiederbringlich verloren. „Deshalb ist Quanteninformation etwas Mächtigeres und Leistungsfähigeres als klassische Information“, betont Jens Eisert.

Der Quantencomputer soll die Möglichkeiten nutzen, die die Quantenmechanik für die Informationsverarbeitung eröffnet. Tobias Osborne: „Wie herkömmliche Rechner, so speichert der Quantencomputer die Information mit Hilfe von Teilchen. Um aber die Berechnungen durchzuführen, lässt er die Teilchen in einer Weise

wechselwirken, die auf der Quantenmechanik beruht.“ Dabei verarbeitet er das komplizierte Muster der Qubits, die sich auf den Teilchen befinden, zu neuen Mustern. Weltweit gibt es inzwischen mehrere Prototypen des Quantencomputers. Zur Speicherung der Qubits benutzen sie z. B. isoliert gehaltene Atome oder die Spins von Elektronen.

Noch gibt es keinen leistungsfähigen Quantencomputer, der Hunderte von Qubits verarbeiten kann. Doch Untersuchungen haben gezeigt, dass solch ein Gerät mit dem richtigen „Quantenalgorithmus“ manche Aufgabe wesentlich schneller erledigen könnte als ein Elektronenrechner mit einem herkömmlichen Computerprogramm. Dazu gehört die Zerlegung vielstelliger ganzer Zahlen in Faktoren, wie man sie für spezielle Verschlüsselungsverfahren benötigt. Manche dieser Aufgaben werden überhaupt erst mit einem Quantencomputer lösbar.

Neben den Überlagerungszuständen hält die Quantenphysik noch eine weitere Seltsamkeit bereit, die sich für die Informationsverarbeitung nutzen lässt: die „Verschränkung“. Während man einen einzelnen Elektronenspin in den Überlagerungszustand (0)+(1) bringen kann, können zwei Spins im verschränkten Zustand (0,0)+(1,1) sein. Das entspricht dem makabren Zustand (lebend,lebend) + (tot,tot) zweier Schrödinger-Katzen, die beide leben und zugleich beide tot sind.

„Durch die Verschränkung wird die Quantenmechanik viel komplizierter und auch viel reicher als die klassische Physik“, sagt Ulrich Schollwöck. Er leitet die Gruppe

der drei „Quantenmechaniker“ am *Wissenschaftskolleg* und ist zugleich ihr ruhender Pol. Nach seinem Studium in Deutschland, Großbritannien und Frankreich arbeitete er u. a. in Stuttgart und Aachen. Jetzt hat er eine Physikprofessur an der *Ludwig-Maximilians-Universität* in München und erforscht komplexe quantenmechanische Vielteilchensysteme.

Welche Möglichkeiten eröffnet ihm und seinen beiden Mitarbeitern der Aufenthalt am Wissenschaftskolleg? „Über die physikalische Arbeit hinaus ist es der ständige Kontakt mit Philosophen und anderen Geisteswissenschaftlern, der es uns erlaubt, unsere Fähigkeit zum begrifflichen Arbeiten zu schärfen. Umgekehrt können wir vermitteln, wie sehr sich der konzeptionelle Umgang mit der Quantentheorie in jüngster Zeit weiterentwickelt hat – was außerhalb der Physik nahezu unbemerkt geblieben ist.“

Doch zurück zur quantenmechanischen Verschränkung. Zwei Qubits oder Objekte, die quantenmechanisch verschränkt sind, müssen sich nicht am selben Ort befinden, sondern können z. B. in Berlin bzw. Brisbane sein. Dabei stimmen sie ihr Verhalten über große Entfernungen ab – eine experimentell erwiesene Konsequenz der Quantenphysik, die Albert Einstein nicht mit seinem lokal-realistischen Weltbild in Einklang bringen konnte. Dazu Schollwöck: „Der größte Teil der Information, die in einem Quantensystem steckt, lässt sich nicht mehr lokal fassen, sondern ist über das ganze System verteilt. Wenn wir ein Quantensystem beschreiben, so hängt die Komplexität der

Beschreibung stark vom Grad der nichtlokalen Verschränkung ab.“

Die Überlagerung und Verschränkung einfacher Quantenzustände führt dazu, dass selbst ein überschaubares System aus 1000 Elektronen eine enorme Zahl von Zustandsmöglichkeiten hat, die die Zahl der Atome im Universum bei Weitem übertrifft. Zur Veranschaulichung denkt man sich die möglichen Zustände eines Vielteilchensystems wie Punkte gleichmäßig in einem abstrakten Zustandsraum verteilt. Bringt man das System in einen Anfangszustand, in dem z. B. die Spins der 1000 Elektronen alle in dieselbe Richtung zeigen, so befindet sich das System gewissermaßen in einer Ecke des Zustandsraums. Wie wird es sich entwickeln?

„Die Menge der Quantenzustände, die ein aus wechselwirkenden Teilchen bestehendes Objekt tatsächlich annehmen kann, ist viel, viel kleiner als die Menge aller möglichen Zustände“, erklärt Jens Eisert. „Das Objekt kommt aus seiner kleinen Ecke des riesigen Zustandsraumes nicht heraus. Der Raum aller denkmöglichen Zustände ist ein Artefakt der Quantentheorie. Tatsächlich zieht es die Natur vor, in einer Ecke des Zustandsraumes zu bleiben.“

Jens Eisert hat untersucht, wie sich diese Ecke des Zustandsraumes identifizieren lässt und wie man die dynamische Entwicklung eines Quantensystems in dieser Ecke vereinfacht beschreiben kann. „Wenn man weiß, in welchem Teil eines Heuhaufens die Nadel ist, erleichtert das die Suche sehr.“ Die vereinfachte Beschreibung der Dynamik eines Quantensystems kann







man wiederum dazu nutzen, das Verhalten des Systems mit dem Computer effizienter zu simulieren.

Tobias Osborne erforscht, wie sich Information in einem komplexen Quantensystem ausbreitet. „Stört man einen Teil eines Objekts, so muss sich die Information über diese Störung erst zu einem anderen Teil des Objekts bewegen, bevor sich die Störung dort bemerkbar macht.“ Osborne hat für bestimmte Quantensysteme hergeleitet, wie schnell sich die Information in ihnen ausbreiten kann. Solange unterschiedliche Teile eines Objekts noch keine Information ausgetauscht haben, zerfällt das Objekt in mehrere voneinander unabhängige Bereiche. Dadurch reduziert sich seine Komplexität erheblich.

Unordnung in einem System kann den Informationsaustausch behindern oder ganz unterbinden. Tobias Osborne veranschaulicht das mit einem Stapel von transparenten Folien. Während man durch eine einzelne Folie hindurchsehen kann, ist ein zentimeterdicker Stapel nahezu undurchsichtig und reflektiert das Licht wie ein Spiegel. „Eine einzelne Folie reflektiert vor allem die Lichtwellen, für die die Foliendicke ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge ist. Da im Stapel unterschiedlich dicke Folien zufällig verteilt sind, wird jede Welle früher oder später reflektiert und an der Ausbreitung gehindert.“

Diese „Anderson-Lokalisierung“ tritt auch in einem ungeordneten Quantensystem auf, sagt Osborne. „Sie führt dazu, dass sich die Information nur sehr schwer im System ausbreiten kann. Dann bleiben die verschiede-

nen Teile des Systems weitgehend unabhängig voneinander und das ganze System kann nur einen relativ einfachen Quantenzustand mit geringer Komplexität annehmen.“ Auch in diesem Fall bleibt das Quantensystem in der von Jens Eisert untersuchten Ecke des Zustandsraumes, in der sich sein Verhalten relativ einfach beschreiben lässt.

Für die Arbeit von Ulrich Schollwöck hat das praktische Konsequenzen. Er untersucht Quantensysteme aus dem Bereich der Festkörperphysik. Dazu gehören magnetische Materialien und Hochtemperatursupraleiter, in denen der elektrische Strom widerstandslos fließen kann. „Die Quantensysteme, für die ich mich interessiere, weisen einen besonders hohen Grad von quantenmechanischer Verschränkung auf. Wenn man ihre physikalischen Eigenschaften exakt berechnen wollte, müsste man alle Zustände in einem riesigen und sehr komplizierten Zustandsraum berücksichtigen“, erklärt Schollwöck. Dies ist praktisch unmöglich – aber in vielen Fällen auch unnötig, wenn man sich mit nahezu exakten Resultaten zufriedengibt.

Einige Vielteilchensysteme aus der Festkörperphysik, bei denen die Bewegungen der Elektronen und die Ausrichtung ihrer Spins in komplexer Weise verschränkt sind, verhalten sich längst nicht so kompliziert wie erwartet. Auch sie bleiben in einer winzigen Ecke des riesigen Zustandsraums und sollten sich deshalb vereinfacht beschreiben lassen. „Wir suchen nach effizienten Rechenverfahren, mit denen man die Eigenschaften solcher Systeme bestimmen kann. Dabei zählen wir den



Preis, dass die Resultate nicht exakt sind. Doch mit entsprechendem Rechenaufwand kann man den Fehler beliebig klein machen.“

So lässt sich das Verhalten von komplexen Quantensystemen oft schon mit heutigen „klassischen“ Computern berechnen, ohne dass man dazu einen Quantencomputer bräuchte. Doch es gibt Grenzen. Manche komplexen Quantensysteme sind so stark verstrickt, dass man sie nicht mehr mit klassischen Rechenkünsten in den Griff bekommt. „Solche Systeme sind dann ihrerseits Quantencomputer“, bemerkt Jens Eisert. „In gewisser Weise sind Berechnungen mit Quantencomputern und die effiziente Simulation von Quantensystemen mit klassischen Computern zwei Seiten einer Medaille.“ Was man mit einem herkömmlichen Computer nicht simulieren kann, lässt sich vielleicht als Quantencomputer nutzen.

Auch die Natur selbst spielt nach den Regeln der Quantenmechanik. Auch sie kann die ungeheuren Möglichkeiten, die ihr die Quantenmechanik eröffnet, nur zu einem winzigen Bruchteil ausschöpfen. Kann die Natur mehr als ein entsprechend komplexer Quantencomputer? Ist die Natur selbst letztlich nur ein Quantencomputer? „So weit wollen wir nicht gehen“, meint Ulrich Schollwöck schmunzelnd. „Wir möchten ja die Philosophen am *Wissenschaftskolleg* nicht verärgern.“







## Brief aus Berlin

Berliner Winter  
von Martin Mosebach

Fellow 2009/2010



Für viele waren der Januar und der Februar dieses Jahres ein "Winter des Misvergügens", gerade in Berlin, wo sich die Stadt den Schneeverwehungen und Eisverkrustungen willig hingab, jedenfalls keine nennenswerten Kämpfe dagegen führte. Viele haben sich die Knochen auf den glatten Trottoirs gebrochen, viele Seelen haben sich in der langen Dunkelheit verästelert. Da ganiere ich mich geradezu bekennen zu müssen, daß ich den Berliner Winter in vollen Zügen genossen habe. Ich bin ohnehin ein Anhänger starker Jahreszeiten; Regionen eines ewigen Frühlings sind mir uncynpathisch, den Baum vor helbem Fenster in den verschiedensten Zuständen zu erleben, kahl und dichtbelaubt, blüten- und sonnebeladen ist mir ein Trost, es gibt mir das Gefühl, daß in meinem Leben etwas geschieht. Solange mußte ich dem Winter nachreisen, er zeigte sich mir noch halbherzig und unentschlossen in den Ebenen, grau, kalt und naß, er verhielt sich zum Sommer wie eine abgewrackte Bühnendekoration, die darauf wartet zusammengeschlagen zu werden. Und da kam das Engadin weißblau, frostklürend nach Berlin und verwandelte die Stadt, die viele versteckte Schönheiten haben mag, die sich im ganzen aber nicht als Schönheit präsentiert. Wer aus dem überfüllten Westdeutschland kommt, tritt ohnehin in Berlin in eine eigentlich schläfrige Ruhe ein; die weiten Gelände, die weniger Stadtviertel als Stadt-Fragmente bilden, auseinander schwimmend, wie Eisschollen nebeneinanderhertreibend, breiten sich um ein wüstenhaft leeres Zentrum aus. Wer gewohnt ist, eine Stadt als einen großen Organismus zu begreifen, muß sich für Berlin ein anders Bild einfallen lassen. Viele Kilometer lang bereitet Berlin sich vor, um dann schließlich wieder zu zerfallen, bevor es begonnen hat. Man erinnert sich an gewisse aufgedonnerte Konzertwalzer, die der schlagerartigen Melodie ein kolossales ~~Wortspiel~~<sup>erwartungsstillerndes</sup> Schmetterten vorausschicken - Berlin besteht im günstigsten Fall aus solchen Schmetterten-Vorspielen, denen die Melodie, die nachdrücklich angekündigt, dann aber nicht folgt. In der dichten Weiße dieses Winters wurde die Frustration über diese Ungreifbarkeit einfach zugeschnitten; das Schneestreiben machte Berlin vollends zum Niemandsland. Die Straßen lagen verlassen, Geräusche verstumten.



Es war, als sei die ganze Welt eine menschenleere Stadt ; das war etwas Endzeitliches, und in einer Gegenwart, die beklommen auf die Zukunft schaut, ist die Aussicht auf eine solche Endzeit in ihrem Frieden und ihrer deunnenweichen, reinlich eiskalten Sanftheit tröstlich. Im Mausoleum des Charlottenburger Schloßparks standen wir vor dem Marmorbild der in Todesschlaf gefallenen Königin Luise. Der auch in Sommer angenehme kühle Stein aus Carrara war jetzt tiefgefroren, die leicht, ja, wahrscheinlich sogar durchsichtig gekleidete war zu einer Göttin der Kälte geworden, eine Schneekönigin ohne Hoheitszeichen als nur ein kleines Diadem. Das Leichentuch hatte sich wie eine Neuschneedecke auf sie herabgesenkt, die kleinen Füße in den spitzen Sandaletten wurden zu abstrakten spitzen Erhebungen, als stünden unter dem Battist in Wahrheit zwei Zuckerhüte nebeneinander, ein weiteres Mal zeigte sich, daß die eigentlichen Erfinder des Surrealismus die Künstler des Klassizismus gewesen sind.

So war es uns denn nicht möglich, an der öffentlichen Empörung darüber teilzunehmen, daß die kommunale Administration keinerlei Anstalten machte, das weiße Kleid des Winters, das weiße Reich der Carrara-Königin anzutasten, es statt dessen womöglich sogar noch zu befestigen. Die Schneeräumer übernahmen vor allem die Aufgabe, die am Straßenrand parkenden Autos mit eisbald steinhart gefrorenen Schneewällen fest einzuzauern, da es sich ja ohnehin nicht empfahl, mit ihnen herumzuschliddern. Wurden nicht alle Stimmen, auch die aufgeregtesten des öffentlichen Lebens, etwas gedämpfter in diesem Schneewochen? War es nicht plötzlich vorstellbar, es könne eine Welt ganz ohne dies "öffentliche Leben" geben? Darin besteht der Charm einer Utopie - wenn sie sich unversehens für einen kurzen Moment als Realität zeigt. Und deshalb möchte ich meinen Brief aus Berlin mit einem Gedicht schließen, in dem der Ewigkeitscharakter der köstlichsten Augenblicke dieses Winters am schlagendsten erfaßt ist. Es stammt von Her Wolf, dem bedeutendsten lebenden deutschen Dichter, und heißt "Wetterverhältnisse". " Es schneit, dann fällt der Regen nieder,/ dann schneit es, regnet es und schneit,/ dann regnet es die ganze Zeit,/ es regnet und dann schneit es wieder."



## Bildnachweise

alle Fotos Maurice Weiss, Ostkreuz Agentur der Fotografen

- 8/15** Steven Lukes
- 18/21** Marie Farge
- 24/27** Manfred Laubichler
- 30/35** Horst Bredekamp
- 38/39** Claus Pias
- 44** Jens Eisert
- 47** Tobias Osborne
- 48** Ulrich Schollwöck
- 51** v.l.r.: Ulrich Schollwöck, Jens Eisert, Tobias Osborne
- 52/53** Martin Mosebach
  
- 54/55** Faksimile, Brief aus Berlin



# Impressum

## Herausgeber

Der Rektor des Wissenschaftskollegs zu Berlin  
Professor Dr. Luca Giuliani

## Redaktion

Katharina Wiedemann, Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
Wissenschaftskolleg zu Berlin

## Autoren

**Carl Gierstorfer** freier Wissenschaftsjournalist für TV und Printmedien  
**Dr. Ralf Grötzer** arbeitet als freier Journalist, Veröffentlichungen u.a. in  
Brand Eins, Frankfurter Rundschau, Die Zeit, Telepolis  
**Jürgen Kaube** Ressortleiter für Geisteswissenschaften bei der Frankfurter Allgemeinen Zeitung  
**Claus Pias** Medienwissenschaftler an der Universität Wien und Fellow des  
Wissenschaftskollegs 2009/10  
**Rainer Scharf** Physiker und freier Wissenschaftsjournalist, arbeitet v. a. für das Physik Journal,  
das Internetportal pro-physik.de und die Frankfurter Allgemeine Zeitung  
**Alexander Cammann** Kulturjournalist in Berlin, arbeitet v.a. für die Zeit

## Bildredaktion

Katharina Wiedemann

## Graphik und Layout

Juliane Heise / Reiner Will



## Druck

Druckerei Heenemann Berlin, Juni 2010



