

**Alfred Gierer**

## **Moderne Naturwissenschaft und kulturelle Vielfalt <sup>1</sup>**

In: Christentum, Wissenschaft und Gesellschaft (K. Novak, O.G. Oexle, T. Rentdorff, K.-V. Selge, Hsg.), Veröffentlichungen des Max-Planck-Instituts für Geschichte, Band 204, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 2003

### **Zusammenfassung**

Die Entstehung der modernen Naturwissenschaften beruhte auf sehr spezifischen Merkmalen der daran beteiligten Kulturen, und doch sind ihre Erkenntnisse und Ergebnisse transkulturell und weltweit akzeptiert. So waren die Elektrizitätslehre und die Elektrotechnik spezifische Produkte der europäischen Kultur der Neuzeit, die ihrerseits auf einer bestimmten Sequenz und Kombination kultureller und interkultureller Entwicklungen bis zurück zur altgriechischen Philosophie aufbauten. Sie entstanden nicht in China, wo die Kraft des theoretischen Denkens nicht in gleicher Weise eingeschätzt wurde. Warum wurden dann aber moderne Wissenschaft und Technik transkulturell wirksam? Ein Hauptgrund dafür dürfte darin bestehen, daß die zugrunde liegenden kognitiven Fähigkeiten – Fähigkeiten der Abstraktion, des symbolischen und strategischen Denkens – auf einer biologischen Basis beruhen, die der gesamten heutigen Spezies Mensch gemeinsam ist. Gegenstand wissenschaftlicher Erkenntnis sind aber auch die prinzipiellen Grenzen der Erkenntnis; sie bedingen, daß naturwissenschaftliches Denken, das seine eigenen Grenzen kritisch reflektiert, auf der metatheoretischen Ebene mit verschiedenen philosophischen und kulturellen Interpretationen des Menschen und der Welt vereinbar ist. Dazu gehören auch religiöse Interpretationen, die die Ordnung der Natur mit dem menschlichen Geist verbinden und es dem Menschen aufgeben, diese Ordnung mit Hilfe seines Denkens zu erleben und zu erfahren.

## **Vorbemerkung zum Verhältnis von Natur- und Kulturwissenschaften – wozu Brücken gut sind <sup>2</sup>**

Die Trennlinie zwischen Natur- und Geisteswissenschaften wird in der Gegenwart vielfach bedauert, und das nicht zu Unrecht. Zwar hat die Germanistik selten mit Physik, die Biochemie der Leber kaum etwas mit Verfassungsgeschichte zu tun; aber es gibt doch sehr wesentliche Bereiche menschlicher Erkenntnis, in denen von der Sache her eine Integration natur- und geisteswissenschaftlicher Aspekte erforderlich ist: Das Verständnis des Menschen, der sowohl biologischer Organismus als auch Kulturwesen ist; die Beziehung zwischen Gehirn und Geist; die Grundlagen und Möglichkeiten der menschlichen Sprache; die Geschichte der Naturwissenschaft samt ihren sozialen und kulturellen Voraussetzungen, und - aus umgekehrter Perspektive - die Frage, was die biologische Spezies Mensch als Produkt der biologischen Evolution überhaupt kulturfähig gemacht hat.

Nun stehen sich gerade bei solchen Fragen, die offensichtlich natur- und kulturwissenschaftliche Implikationen haben, die verschiedenen Traditionen, Sozialisierungen, Denk- und Sprachgewohnheiten nicht immer harmonisch gegenüber. Es ist auch in der Gegenwart nicht allzu schwer, ein Streitgespräch in Szene zu setzen, zum Beispiel über Gehirn und Bewußtsein oder über Soziobiologie und Moral, in der die Beteiligten alle stereotypen Rollenerwartungen erfüllen. Dies muß nicht ohne Unterhaltungswert sein, erscheint mir aber dennoch mittlerweile als überlebt. Die Integration natur- und kulturwissenschaftlicher Aspekte einer übergreifenden Fragestellung muß ja letztlich doch in ein und demselben Kopf erfolgen – idealerweise im Kopf von jedem, der sich dafür interessiert. Können dies die streitenden Experten auf einem Podium nicht, so können es wohl die Zuhörer im Saal auch nicht, denn das Gehirn von allen ist ja so ungefähr gleich groß und gleich leistungsfähig. Streit ist nicht immer unproduktiv, aber wenn es darum geht, Wissen der zwei Großgebiete der Natur- und Kulturwissenschaften einzubringen, ist Integration besser als die Pflege subkultureller Vorurteile. Das erfordert guten Willen - und manchmal etwas Selbstironie -, ist dann aber vielleicht gar nicht so schwer. Sie kann fruchtbar sein, wie zum Beispiel Entwicklungen auf dem Gebiet der Linguistik zeigen.

Damit möchte ich die expliziten Vorbemerkungen über die Beziehung von Natur- und Kulturwissenschaften abbrechen und mich einem Themenkreis zuwenden, bei dem es auf deren Integration besonders ankommt und der sich deshalb auch für eine Art Fallstudie eignet: Wie kann man begreifen, daß Naturwissenschaft kulturspezifisch entstanden ist, aber doch transkulturelle Geltung erreicht? Wie verstehen wir die Reichweite und Grenzen des menschlichen Geistes, wie sie sich im Kulturprodukt 'Moderne Naturwissenschaft' zeigen? Warum sind ihre Erkenntnisse mit kultureller Diversität, auch mit religiösem Pluralismus vereinbar? Darum soll es im folgenden gehen. <sup>3</sup>

### **Naturwissenschaft, Kultur und die Geschichte der Elektrizität**

Vor etwa eineinhalb Jahrzehnten gab es eine bemerkenswerte Ausstellung in Berlin, veranstaltet von der Volksrepublik China über die Geschichte chinesischer Technologie. Es war eindrucksvoll, die raffinierten Maschinen und Instrumente und die chemischen Prozesse zu sehen, beispielsweise zur Papierherstellung, die meisten davon fortgeschrittener als die Technologie der entsprechenden Zeit in Europa. Die Erfindung des Schießpulvers ging einer Überlieferung nach auf die Idee zurück, eine Reihe von verschiedenfarbigen Substanzen, die jeweils bestimmte metaphysische Merkmale trugen, so zu kombinieren, daß daraus etwas ganz Ideales entstehen sollte. Tatsächlich ist eine solche

Kombination von Substanzen dann explodiert, und so warnten chinesische Alchimisten des neunten Jahrhunderts davor, Salpeter, Schwefel und Honig zu mischen; ansonsten würden Hände und Gesicht verbrannt, sogar das ganze Haus könnte abbrennen <sup>4</sup>. Solche und andere Geschichten zeigen Beziehungen auf, die sich zwischen sehr abstrakten Begrifflichkeiten und praktischen Innovationen ergaben.

Allerdings zeigten sich auch eindrucksvolle qualitative Unterschiede zwischen traditioneller chinesischer und moderner europäischer Technologie. Besonders bemerkenswert ist dabei, daß die Elektrizität in der chinesischen Technologie überhaupt nicht vorkam, trotz ihres hohen Entwicklungsstandes in anderen Feldern. Zwar kannten die Chinesen, ähnlich wie die alten Griechen, schon lange Magnetismus und Reibungselektrizität, aber systematische Forschungen über Randerscheinungen hinaus, die in eine dynamische Entwicklung wie im Europa des achtzehnten Jahrhunderts führen konnten, gab es nicht. Lag das nur daran, daß eine Art Initialzündung, ein ursprünglicher Anstoß, eine zufällige Entdeckung fehlte? Vermutlich nicht: Denn im achtzehnten Jahrhundert spielten Jesuiten eine beträchtliche Rolle am Hofe von Peking, und einer der bekannten europäischen Forscher über Elektrizität zu dieser Zeit, der Deutsch-Este Georg Wilhelm Richmann, der Mitglied der Akademie in St. Petersburg war, hatte Kontakt mit den Jesuiten in China. Einige elektrische Instrumente wurden geliefert, und Pater Jean-Joseph-Marie Amiot machte Versuche in dieser Richtung, aber das Interesse der Chinesen an dieser Erscheinungswelt konnte oder durfte nicht, jedenfalls nicht dauerhaft, geweckt werden. Die theoretischen Voraussetzungen waren schwer zu schaffen, und reine Schauveranstaltungen vor Gelehrten und Würdenträgern sahen die Jesuiten, was Elektrizität mit ihren buchstäblich haarsträubenden Effekten angeht, als eher gefährlich denn hilfreich an <sup>5</sup>.

Die ungeheure Rolle, die die Elektrizität in der europäischen Physik und Technik zu spielen begann, hatte Gründe, die in der europäischen Kultur lagen, in Verbindung mit solchen Gründen, die mit der Natur der Elektrizität selbst zu tun haben. Elektrische Kräfte sind extrem stark. Sie sind hauptsächlich verantwortlich für den Zusammenhalt und die Eigenschaften der Materie, und eben deshalb sind die meisten Objekte neutral, während elektrische Phänomene – wie der Blitz oder die Reibungselektrizität – eher selten und randständig in der Alltagserfahrung sind. Deshalb erfordert ihre Untersuchung Grundlagenforschung, die von einer theoretischen Neugier angetrieben ist, und es ist eben dieses Merkmal, das so spezifisch mit der europäischen Kultur und Tradition verbunden ist. Zwar gab es auch in China vor 2300 Jahren – etwa zur Zeit der Blüte hellenistischer Philosophie – im Rahmen der Mohistischen Denkschule Ansätze zu einer theoretischen Mechanik, aber sie versandeten bald. Langzeitwirkung entfaltete hingegen die europäische Philosophie: Vor 2500 Jahren begannen die vorsokratischen Philosophen mit dem Versuch einer rationalen Erklärung der Natur in abstrakten theoretischen Begriffen ohne Rekurs auf Mirakel und unverständliche Eingriffe der Götter. Mit dem Aufstieg der monotheistischen Erlösungsreligionen in der Spätantike wurde diese Entwicklung im ersten Jahrtausend unterbrochen, aber ihre Traditionen blieben in begrenztem Maße bewahrt, und im Mittelalter entstand wiederum eine positive Einstellung gegenüber wissenschaftlichen Bemühungen um ein Verständnis der Natur <sup>6</sup> – in ersten, bemerkenswerten Ansätzen schon bei Johannes Eriugena im 9. Jahrhundert, später ausgeprägt ab dem 12. Jahrhundert an den neugegründeten Universitäten: es entspreche dem Willen Gottes, daß der Mensch die geschaffene Wirklichkeit rational zu begreifen sucht. Nicht wenige Gelehrte sahen das „Buch der Natur“ als komplementär zur Heiligen Schrift an. In der Renaissance wurde dann die Kreativität des individuellen menschlichen Geistes besonders betont. Es liegt durchaus in der Linie dieses neuen Selbstbewußtseins, wie im 17. Jahrhundert, beginnend mit Galileo Galilei, Johannes Kepler und Isaac Newton, die Wissenschaft im modernen Sinne begründet wurde: Alle Ereignisse in Raum und Zeit sollten wenigen allgemeinen

Grundgesetzen der Physik entsprechen, die in mathematischer Form dem menschlichen Verstand zugänglich sind. Newtons Gravitationstheorie baute die Himmelsmechanik in das System allgemeiner physikalischer Gesetze ein. Später wurden Elektrizität und Strahlung, Chemie und schließlich die molekulare Biologie in eine allgemeine physikalisch begründete Naturwissenschaft integriert.<sup>7</sup>

Die Motivationen für die Entwicklung moderner Wissenschaft waren durchaus nicht eindeutig, wie sich etwa an den Statuten und Praktiken der Akademien zeigt, die in den frühen Phasen moderner Wissenschaft Zentren der Forschung waren. Man erwartete, daß Experimente und ihre Erklärung die Technologie verbesserten und die Wirtschaft antrieben; aber ein anderes Hauptmotiv war doch die Aussicht, zu einem philosophischen Verständnis der Natur in rationalen Begriffen zu gelangen, indem man allgemeine Gesetze der Natur entdeckte, um damit spezifische physikalische Strukturen, Phänomene und Prozesse zu verstehen.

Die Elektrizität ist hierbei ein besonders eindrucksvolles Beispiel. Merkwürdige elektrische Effekte erregten viel Aufmerksamkeit im Laufe des achtzehnten Jahrhunderts. Eine gründliche mathematische Analyse führte Charles Augustin de Coulomb um 1785 zu der fundamentalen Erkenntnis, daß die Kräfte zwischen elektrisch geladenen Teilchen im Prinzip sehr ähnlichen mathematischen Gesetzmäßigkeiten folgen wie die Kräfte der Gravitation. Chemoelektrische Effekte wurden entdeckt und studiert, und diese wiederum ermöglichten es seit 1800, die schwerfälligen Apparate zur Erzeugung von Reibungselektrizität durch Batterien zu ersetzen, die elektrische Spannungen und Ströme leicht und verlässlich zugänglich machten für Experimentatoren. Damit konnte 1820 Hans Christian Oersted entdecken, daß es eine enge Beziehung von Magnetismus und Elektrizität gibt, daß nämlich Magnetismus durch Elektrizität erzeugt werden kann. 1831 fand Michael Faraday, daß umgekehrt Elektrizität durch die relative Bewegung eines Leiters im Feld eines Magneten generiert wird.

Mit diesen beiden Entdeckungen - Elektrizität erzeugt Magnetismus, Magnetismus erzeugt Elektrizität - war es klar, daß man im Prinzip elektromagnetische Generatoren für elektrische Ströme bauen kann, und daß diese Ströme überall hingeleitet werden können, um zum Beispiel elektromagnetische Maschinen für verschiedene Arten von mechanischer Arbeit anzutreiben. Trotzdem dauerte es ein halbes Jahrhundert, bis diese Technologie wirklich in größerem Umfang angewandt werden konnte. In einer ersten Phase war Elektrotechnik auf Nischen der Anwendung wie die Galvanisierung, die Lichtbogenlampe und besonders die Telegraphie beschränkt. Es ist bemerkenswert, daß die Pioniere der Elektrotechnik, Thomas Alva Edison und Werner Siemens, ihre ursprünglichen Erfahrungen in der Verbesserung der Telegraphie gewannen. Um 1870 wurde der Dynamo erfunden, in dem die elektrischen Ströme selbst das magnetische Feld produzieren, das seinerseits für die Erzeugung von Elektrizität erforderlich ist. Nachdem Edison die Glühlampe soweit entwickelt hatte, daß sie allgemein brauchbar und anwendbar war, wurde 1882 das erste Kraftwerk in New York gebaut, um Strom für eine größere Anzahl von Verbrauchern zu erzeugen. Solche elektrischen Netze in großem Stil und für weiträumige Verteilung von elektrischem Strom stellten den großen Durchbruch in der Nutzung der Elektrizität für vielfache Zwecke dar, von der Erzeugung von Licht bis zur elektrischen Traktion.

Immense, aber doch verzögerte technologische Konsequenzen von grundlegenden physikalischen Erkenntnissen – die zeigt auch die Geschichte elektromagnetischer Wellen. Um 1864 entwarf der Physiker James Clark Maxwell außerordentlich elegante Gleichungen für elektromagnetische Phänomene, in Begriffen elektrischer und magnetischer Felder.

Probleme innerer Konsistenz wurden durch die Einbeziehung eines neuen, wichtigen Terms in die Gleichungen gelöst: in Worten besagt er, daß nicht nur sich zeitlich verändernde magnetische Felder Elektrizität produzieren; sich verändernde elektrische Felder produzieren Magnetismus. Dieser zusätzliche Term hat so gut wie keine Bedeutung in der konventionellen Elektromechanik, denn die entsprechenden Effekte sind in mechanischen Geräten vernachlässigbar klein, aber er macht die Gleichungen auf dem Papier erst so richtig schön und ziemlich symmetrisch, und er hat schließlich unerwartete Konsequenzen für unsere Lebensform: Aus dieser mathematischen Ergänzung der Theorie folgt nämlich, daß es elektromagnetische Wellen von hoher Frequenz geben sollte. Und tatsächlich: 1888 entdeckte Heinrich Hertz solche elektromagnetischen Wellen in voller Übereinstimmung mit Maxwells Theorie. Es stellte sich heraus, daß das natürliche Licht zu diesem Typ von elektromagnetischen Wellen gehört, und daß künstliche Wellen mit sehr vielen verschiedenen Eigenschaften produziert werden können, die später die Basis der modernen Kommunikationstechnik bildeten, Radio und Fernsehen eingeschlossen.

Etwas komplizierter, aber doch strukturell ähnlich ist die Vorgeschichte und Geschichte der Mikroelektronik, die der Informationsverarbeitung in Computern zugrunde liegt. Die schnelle Verarbeitung von Signalen im Mikromaßstab, welche Effizienz und Verlässlichkeit der Informationsverarbeitung verbindet, ist nur elektrisch möglich. Dies gilt für Computer ebenso wie für Nervensysteme der Gehirne. In beiden Fällen beruhen die Prozesse auf sehr spezifischen Materialeigenschaften, die im Falle neuraler Netzwerke auf Hunderten von Millionen von Jahren der biologischen Evolution basieren, im Falle der Mikroelektronik auf raffinierten technologischen Entwicklungen, die ihrerseits auf ein weites Grundwissen moderner Physik und Mathematik zurückgreifen konnten. In keinem der beiden Fälle läßt sich den Grundgesetzen der Physik unmittelbar ansehen, daß und wie derartige hocheffiziente Informationsverarbeitung überhaupt materiell realisierbar ist; das sind Einsichten der Wissenschaft des 20. Jahrhunderts, Einsichten der Neurobiologie, der Festkörperphysik und der Informationstheorie.

Während der ganzen Entwicklung der Physik in der Neuzeit gab es enge Wechselbeziehungen zwischen Wissenschaft und Technik und starke Einflüsse von Ökonomie und Politik, auf die ich hier nicht eingehen kann. Der Punkt, auf den ich hier Wert lege – nicht als hinreichende, aber als notwendige Grundbedingung -, ist die Rolle der geduldigen naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung. Wie eindrucksvoll auch immer die Errungenschaften anderer Kulturtraditionen in der Mechanik, der Instrumentierung und der Chemie gewesen sind, bestimmte Entwicklungen wie die der Elektrizität waren dann doch wohl spezifisch mit Merkmalen der modernen europäischen Kultur seit der Renaissance verknüpft; ohne deren kulturelle Basis für Grundlagenforschung würde es weder Strom aus der Steckdose, noch Funk und Fernsehen, noch elektronische Computer geben. In der Gegenwart wird Elektrizität weltweit angewendet, und auch die zugrunde liegende Physik wird weltweit gelehrt und vielerorts weiterentwickelt. Charakteristisch für die moderne Wissenschaft ist also sowohl die kulturelle Spezifität der Ursprünge, als auch die transkulturelle Akzeptanz der Resultate. Ich möchte nun mögliche Gründe für diese charakteristischen Merkmale diskutieren.

### **Das Erkenntnisvermögen der Spezies 'Mensch' und die transkulturelle Akzeptanz moderner Wissenschaft**

Zunächst möchte ich etwas weiter ausholen und einige allgemeine evolutionsbiologische Aspekte des menschlichen Erkenntnisvermögens besprechen. Die ganze heutige Weltbevölkerung scheint von einer kleinen Gruppe in Afrika abzustammen, die dort vor

etwa hunderttausend Jahren gelebt hat – oder, sagen wir vorsichtiger, sie scheint darin einen wesentlichen genetischen Ursprung zu haben, wenn dies auch nicht gesichert ist. Wir wissen nicht, ob es damals eine definitive Verbesserung kognitiver Fähigkeiten des menschlichen Gehirns gegeben hat, die es den Abkömmlingen ermöglichten, schließlich andere Zweige von Homo über die ganze Welt hinweg zu verdrängen beziehungsweise zu ersetzen, aber es gibt gute Gründe, dies anzunehmen. Wie dem auch sei, es war jedenfalls der moderne Menschentyp, der schließlich die Kunstwerke entwickelt hat, wie sie in den Eiszeitmalereien vor 30 000 Jahren dokumentiert sind, und der seitdem immer neue tradierbare kulturelle Merkmale entwickelt hat, dokumentiert durch verbesserte Werkzeuge, die Erfindung der Landwirtschaft und schließlich die Entstehung der Hochkulturen, die den Übergang von der Vorgeschichte in die Geschichte markieren. Schimpansen haben so etwas wie Kulturrudimente; sie können Fähigkeiten in begrenztem Maße erwerben und tradieren. Frühe Menschenarten entwickelten immer spezifischere Werkzeuge, wurden aber doch von biologisch überlegenen Menschenarten sozusagen biologisch ersetzt. Von bestimmten Stadien an wird eine Ko-Evolution genetischer und kultureller Faktoren die Entwicklung bestimmen, bis seit vielleicht 50 000 – 100 000 Jahren die Kulturdynamik selbst dominierte: Kulturen sind Ergebnisse dynamischer Entwicklungen und Differenzierungen, die hauptsächlich auf der schnellen Erzeugung und Tradition von Informationen mit Hilfe der Sprache beruhen und nicht so sehr, wenn überhaupt, durch vergleichbar langsame Effekte von Mutation und Selektion von Genen.

Dynamische Kulturentwicklung ist also selbst kein genetischer Prozess; aber es ist gut, sich klarzumachen, daß die Kulturdynamik ihrerseits ganz kritisch von allgemeinen Fähigkeiten abhängt, die biologische Merkmale der Spezies Mensch sind, die dem modernen Menschentyp eigen und Produkte der biologischen Evolution sind. In anderen Worten, die Kulturfähigkeit ist in unseren Genen kodiert, die Kultur selbst natürlich nicht. Nehmen Sie als Beispiel für diese Unterscheidung die menschliche Sprache: Schimpansen können einige hundert Symbole lernen, aber nur Menschen vermögen Sprachen zu erlernen, die eine praktisch unbegrenzte Vielfalt von Ausdrücken, abstrakte Begriffen, Formen für Vergangenheit und Zukunft ebenso wie eine subtile grammatische Strukturierung zulassen. So gut wie jedermann kann jede Sprache erlernen. Künstliche Formen der Kommunikation durch Geräusche aber funktionieren üblicherweise nicht, jedenfalls bei weitem nicht so gut wie natürliche Sprachen. Man kann aus all diesem schließen, daß unsere menschliche Sprachfähigkeit in indirekter, abstrakter Form in unseren Genen kodiert und der heutigen Menschheit gemeinsam ist. Die einzelne Sprache selbst ist jeweils ein Kulturprodukt - innerhalb der Spielräume, die die Genetik zuläßt. Es ist vielleicht ein 'educated guess', wenn wir diese aus der Linguistik stammenden Konzepte ganz allgemein auf die biologische Basis menschlicher kognitiver Fähigkeiten anwenden: Sie sind wohl in erster Näherung im Prinzip die gleichen in allen menschlichen Gesellschaften. Darum ist zu vermuten, daß diese allgemeinen kognitiven Fähigkeiten in allen Kulturen die Rezeption und dann auch die vergleichende Bewertung von Information ermöglichen, unabhängig von ihrem Ursprung, jedenfalls im Prinzip und in genügend langen Zeiträumen. Und ich meine, daß es diese Ähnlichkeit der kognitiven Fähigkeiten der gesamten heutigen Gattung Mensch ist, die letztendlich zumindest einen Grund dafür bildet, daß die moderne Wissenschaft transkulturell so weitgehend akzeptiert wird. Was die Kulturgeschichte der Menschheit auszeichnet, ist eben nicht nur ihre Differenzierung, sondern auch die beeindruckende Fähigkeit verschiedener Kulturen, voneinander zu lernen – manchmal zäh und langsam im Verlauf von Generationen, manchmal aber auch mit erstaunlicher Geschwindigkeit.

## Metatheoretische Mehrdeutigkeit unseres Wissens und die Persistenz kultureller Vielfalt

Nun ist die menschliche Erkenntnisfähigkeit, die der ganzen Menschheit gemeinsam ist, unzweifelhaft begrenzt. Es ist besonders interessant, daß es gerade wissenschaftliche Untersuchungen und die Wissenschaft selbst sind, die die eigenen Begrenzungen aufgedeckt haben: Es ist Naturgesetz, nämlich ein Gesetz der Quantenphysik, daß es prinzipiell nicht möglich ist, bestimmte künftige Ereignisse in atomaren und molekularen Dimensionen vorher zu berechnen. Es ist aber auch ein Gesetz der Quantenphysik, daß zum Beispiel die Energiezustände stabiler Systeme mit unglaublicher Genauigkeit berechenbar sind. In anderen Worten, wir wissen in beträchtlichem Ausmaß, was wir wissen und was wir nicht wissen. Es ist ein Gesetz der Mathematik, daß leistungsfähige formale Systeme ihre eigene Widerspruchsfreiheit nicht mit ihren eigenen Mitteln beweisen lassen. Es ist zumindest eine begründete Vermutung, daß ein vollständiges Verständnis der Gehirn-Geist-Relation im Prinzip unmöglich sein könnte. Diese verschiedensten Begrenzungen lassen sich nicht auseinander herleiten, aber sie haben doch etwas gemeinsam, nämlich die Selbstbezüglichkeit der Analyse. Die Unbestimmtheit der Quantenphysik hängt mit dem unvermeidlichen Eingriff des Messens in den Zustand des zu Messende zusammen. Den Theoremen mathematischer Unentscheidbarkeit liegen Grenzen einer Logik der Logik zugrunde. Vermutlich gibt es Grenzen der Auflösbarkeit der psychophysischen Beziehung, die etwas mit Grenzen mentaler und damit bewusster Analysen des Bewusstseins zu tun haben. Alle diese Grenzen wiederum haben die Ursache gemeinsam, daß schließlich jede Analyse nur innerhalb eines Systems möglich ist. In letzter Konsequenz sind wir – diejenigen, die die Analyse machen –, mit unserem ganzen Instrumentarium selbst Teile des Gesamtsystems und nicht abgetrennte übergeordnete Einheiten.

Auf der metatheoretischen Ebene ermöglichen diese prinzipiellen Grenzen der Erkenntnis verschiedene philosophische Interpretationen. Man kann zum Beispiel die moderne Quantenphysik als eine Theorie des möglichen Wissens über die Natur ansehen und nicht eine Theorie der Natur als solcher. Das ist die Interpretation, die Niels Bohr und Werner Heisenberg der Quantenphysik mit ihrer Unbestimmtheitsbeziehung gegeben haben, und ich finde diese Deutung recht gut. Man kann aber auch annehmen, daß 'in Wirklichkeit' doch immer eindeutige reale Prozesse ablaufen, die uns aber grundsätzlich nicht empirisch zugänglich sind - deswegen die Unbestimmtheit; dies war zum Beispiel die Auffassung von Albert Einstein. Ein anderes Beispiel: Man kann Kurt Gödels Theoreme mathematischer Unentscheidbarkeit als ein Zeichen dafür ansehen, daß jedes formale menschliche Denken schließlich auf intuitiven Voraussetzungen beruht – wiederum eine Interpretation, die ich gerne mag; aber man kann sie auch – wie dies nicht wenige professionelle Mathematiker tun – nur als formale Gesetze über formale Gesetze betrachten. Und was die Grenzen der Dekodierbarkeit der Gehirn-Geist-Beziehung angeht - setzen wir hier voraus, daß es sie gibt: Man kann sie so interpretieren, daß subjektives bewußtes Erleben im Prinzip das übersteigt, was durch äußere physikalische Analyse von Gehirnvorgängen zugänglich ist; man kann aber auch die Auffassung vertreten, mentale Zustände und Prozesse seien letztlich doch 'nichts als' Entsprechungen physikalischer Zustände und Prozesse in neuronalen Netzwerken, auch wenn wir die Beziehung nicht verstehen.

Diese verschiedenen Interpretationen wiederum hängen mit uralten Kontroversen über die Beziehung von menschlicher Einsicht und Realität zusammen; und die wiederum weisen bis in die Wurzeln altgriechischer Philosophie zurück. Ich möchte nun behaupten, daß die Bestandsfähigkeit von Kontroversen über die Beziehung von Einsicht und Realität nicht nur über Jahrzehnte, sondern über mehr als zweitausend Jahre eben nicht darauf beruht,

daß die klugen die jeweils dümmere Philosophen und sonstigen Zeitgenossen noch immer nicht überzeugt haben; sie zeigt eher auf, daß die Wissenschaft als Ganzes hinsichtlich ihrer Interpretation auf dem metatheoretischen Niveau *intrinsisch* mehrdeutig ist, und daran wird sich wohl auch nichts ändern: Verschiedene Interpretationen sind jeweils vereinbar mit den etablierten Fakten und formalem logischem Denken; eben dadurch wird die Wissenschaft als Ganzes konsistent mit verschiedenen, natürlich nicht mit allen philosophischen, kulturellen und religiösen Interpretationen des Menschen und der Welt<sup>8</sup>. Es ist einzusehen, daß es auf dieser Ebene offene Fragen gibt, die wohl selbst dann offen bleiben würden, wenn es einmal die super 'Theory of Everything' (TOE) gäbe – die Frage, warum es etwas gibt und nicht nichts; warum wir doch soviel von der großen Welt verstehen, in der wir materiell nur als winzig kleine Wesen vorkommen; und wie sich die materielle Verwirklichung von Leben, Geist und Bewußtsein zur gesetzmäßigen Ordnung der Natur verhält.

Diese Auffassung von prinzipieller Mehrdeutigkeit widerspricht dem, was viele Menschen – besonders im vorvorigen, 19. Jahrhundert – vermutet haben, nämlich, daß eine einheitliche wissenschaftliche Weltkultur schließlich die verschiedenen, weniger rationalen metaphysischen und religiösen Ideen der Vergangenheit ersetzen wird. Vielmehr ist zu erwarten, daß agnostische und religiöse Grundeinstellungen auf Dauer koexistieren. Die Wahl der Interpretation, die man selber gerne hat, ist natürlich nicht beliebig. Niemand würde auswürfeln, was man am ehesten akzeptieren oder glauben würde; das bleibt eine Frage des Temperaments, der Sozialisation, der Lebenskunst. Es erfordert schließlich Weisheit und nicht nur Wissen.

### **Warum ist die Welt erkennbar? Gründe für objektiven Idealismus**

Auch wenn wir zugestehen, daß es prinzipielle Grenzen menschlicher Erkenntnisfähigkeit gibt, ist doch zu fragen, warum sie sich so weit erstreckt, wie sie die Geschichte der modernen Wissenschaft aufgezeigt hat. Wie konnte die biologische Evolution zu kognitiven Fähigkeiten des menschlichen Gehirns führen, die ihm so abstrakte theoretische Konstrukte und wie die mathematischen Grundgesetze der Physik erlaubten? Dafür gibt es keinen offensichtlichen Selektionsvorteil im Stadium von Jägern und Sammlern. Ein solcher direkter Vorteil war aber - evolutionsbiologisch betrachtet - auch nicht nötig; erforderlich war die Evolution von – vermutlich wenigen, aber ziemlich allgemeinen - Grundfähigkeiten des Gehirns, die ihrerseits Voraussetzungen für symbolisches Denken und Meta-Ebenen der Abstraktion waren. Dies wiederum konnte schon zu Jäger- und Sammlerzeiten durchaus vorteilhaft gewesen sein - zum Beispiel für kollektive Jagd, für Techniken, für Kommunikation und für Rituale. Schon die Bilder der Eiszeitmalerei vor 30 000 Jahren enthalten abstrakte Symbole und Zeichen. Biologisch angelegte elementare Fähigkeiten der Abstraktion könnten dann auch die Voraussetzung für kulturelle Entwicklungen auf höheren Meta-Ebenen bis hin zur raffinierten mathematischen Physik unserer Gegenwart gebildet haben.

In vieler Hinsicht sind es gerade unspezialisierte Fähigkeiten, die so sehr charakteristisch für die Spezies Mensch sind: Fähigkeiten einer Sprache, mit der man eine ungeheure Vielfalt von Informationen auf verschiedenen Ebenen der Abstraktion übertragen kann; und des strategischen Denkens, das in eine weit entfernte Zukunft mit verschiedenen Szenarien gerichtet ist, in dem die jeweils strategisch denkende Person in verschiedenen veränderten Zuständen selbst repräsentiert ist. Nun haben neue allgemeine Fähigkeiten häufig Anwendungsfelder, die in keiner Beziehung mehr zu ihrem Ursprung stehen. Das gilt für technische Erfindungen; es ist offensichtlich der Fall für die Erfindung des Rades



und die Entdeckung des Elektromagnetismus. Entsprechendes könnte für die biologische Evolution allgemeiner Gehirnfähigkeiten des Menschen gelten; aus solchen Gründen ist es durchaus einsichtig, daß die kognitiven Fähigkeiten des modernen Menschentyps bei weitem das überschreiten, was direkt und leicht biologisch erklärbar ist, was reduziert werden könnte auf den Selektionsdruck der Evolution bis zu dem Stadium von Jägern und Sammlern.

Nun helfen uns derartige Überlegungen vielleicht dabei zu begreifen, warum wir Menschen zum Beispiel Mathematik betreiben können, aber sie erklären doch nicht, warum auf dieser Grundlage schließlich ein so weitgehendes Verständnis der Natur erreichbar ist, wie es die Geschichte der modernen Naturwissenschaft dokumentiert. Die beträchtliche, wenn auch natürlich nicht unbegrenzte Konvergenz von bestimmten, natürlich nicht allen Denkkonstruktionen mit der Ordnung der Natur wurde schon von frühen vorsokratischen Philosophen postuliert, und eben diese zeigte sich dann doch in einem erstaunlichem Ausmaß in der modernen Wissenschaft. Ich möchte behaupten, daß diese Konvergenz empirisch eine bestimmte Linie der Erkenntnistheorie stützt, nämlich eine Art von objektivem Idealismus: Wissenschaft ist eine Konstruktion des menschlichen Geistes, aber die Konstruktionen sind nicht gleichwertig. Die Entscheidung, ob ein Konstrukt stimmt oder nicht, ergibt sich aus den Antworten der Natur auf unsere Fragen aufgrund von Beobachtungen, Experimenten und systematischem Denken. Die Entsprechung von einigen der mentalen Konstrukte, die auf diese Weise in bezug auf Gültigkeit selektiert werden, mit der Ordnung der Natur ist überhaupt nicht trivial. Sie ist selbst eine Einsicht, die sich empirisch aus der Entwicklung der Wissenschaft im Laufe der Geschichte ergeben hat, und fordert naturphilosophische Deutungen heraus.

Ich möchte als eine Art von Illustration und Zusammenfassung der letzten Punkte ein Beispiel diskutieren, das zugegeben in diesem Zusammenhang nicht sonderlich originell ist, nämlich die Einstein-Formel  $E=mc^2$ .

*"Meine Herren! Die Anschauungen über Raum und Zeit, die ich Ihnen entwickeln möchte, sind auf experimentell-physikalischem Boden erwachsen. Darin liegt ihre Stärke. Ihre Tendenz ist eine radikale. Von Stund an sollen Raum für sich und Zeit für sich völlig zu Schatten herabsinken und nur noch eine Art Union der beiden soll Selbständigkeit bewahren".*

Das ist Hermann Minkowskis berühmte Einführung in seinen Vortrag zur 18. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Köln am 21. September 1908. Minkowski war einer von Einsteins akademischen Lehrern in Mathematik an der ETH Zürich. Damals hielt er Albert Einstein nicht für ein großes Kirchenlicht in diesem Fach. Umso mehr erstaunt war er, als Einstein wenige Jahre später seine Theorie der Relativität publizierte, 1905. Minkowski hat dann dieser Theorie die mathematische Form perfekter Symmetrie physikalischer Gesetze in bezug auf Raum und Zeit gegeben – allerdings in einer ziemlich abstrakten Weise: Nicht die Zeit als solche, sondern die Zeit multipliziert mit der Lichtgeschwindigkeit und einer Zahl, die es sozusagen nicht gibt, der Wurzel aus -1 erfüllt diese Symmetrieanforderung mit dem Raum. Ein Nebenprodukt der sich ergebenden wunderbar symmetrischen Gleichungssysteme ist die Formel  $E=mc^2$ , die Einstein bereits einige Jahre früher auf etwas anderem Wege abgeleitet hatte, die aber nun aus der Symmetrieüberlegung direkt herauskommt. Und diese Relativitätstheorie ist inzwischen experimentell außerordentlich gut bestätigt - im Gegensatz zu vielen anderen Formalismen, die genau so schön sind wie Minkowskis Gleichungssystem - man denke etwa an Keplers Postulat von harmonischen Beziehungen zwischen den Abständen der Planeten von der Sonne, basierend auf mathematischen Eigenschaften von idealen platonischen Körpern. Der wunderschöne Formalismus der Relativitätstheorie ist nun

wirklich eine sehr abstrakte Konstruktion des menschlichen Geistes - und dennoch entspricht sie realen raumzeitlichen Tatsachen und Gesetzen der Natur. Darüber dürfen wir uns wundern: Das Unbegreiflichste am Universum ist, so Einstein, daß es begreifbar ist. Wir würden viel von der Faszination der Wissenschaft und unserer Orientierung im wirklichen Leben verlieren, wenn wir die bemerkenswerte Korrespondenz zwischen solchen theoretischen Konstrukten auf der einen Seite und der Realität, die auch ohne uns existiert, auf der anderen Seite bestreiten würden, indem wir behaupten würden, daß es sich bei all dem nur um willkürliche mentale Konstruktionen handelt - nicht nur, was den Formalismus, sondern auch die angebliche Korrespondenz mit Realität angeht. Mir scheint, daß die Vorstellung, die dem Denken der meisten praktizierenden Wissenschaftler zugrundeliegt, auch eine philosophisch ziemlich adäquate Interpretation darstellt: Die Physik ist eine Konstruktion des menschlichen Geistes *und* ein Zugang zu partiellen, aber wahren Einsichten in die Natur und ihre Ordnung. Und diese Auffassung ermöglicht uns dann, darüber hinaus interessante, wenn auch umstrittene Interpretationen auf der metatheoretischen Ebene zu diskutieren, wie Friedrich Wilhelm Schellings philosophische Gedanken um 1800 über die verborgene Einheit von idealen und realen Aspekten des Universums und Minkowskis Konzepte von 1908 über die verborgene Einheit von Raum und Zeit.

### **Einige Bemerkungen zur Beziehung zwischen Naturwissenschaft und Religion**

Auf einer Tagung, die dem Verhältnis von Christentum, Wissenschaft und Gesellschaft gewidmet ist, erscheint es angebracht, in den letzten zehn Minuten meines Vortrags auch die Beziehung von Wissenschaft und Religion wenigstens kurz, aber doch explizit anzusprechen – selbst wenn ich mich dabei auf ziemlich dünnes Eis begeben. Die erkenntniskritisch aufgeklärte Naturwissenschaft widerlegt nicht *per se* ein religiöses Weltverständnis. Umgekehrt ist aber auch religiöse Skepsis nicht erst ein Produkt der Naturwissenschaft der Moderne; sie kann auf eine lange Geschichte zurückblicken: Im Gilgamesch-Epos rebelliert der Held gegen die oberste Göttin Ishtar; der 'Prediger Salomo' der Bibel zeigt ein Lebensgefühl der Sinnlosigkeit und Leere; Protagoras wurde für seine Feststellung gerügt, über die Götter wisse er nichts zu sagen, weder, daß es sie gibt, noch, daß es sie nicht gibt – vieles hindere ein Wissen hieran, die Dunkelheit der Sache und die Kürze des menschlichen Lebens. Im Mittelalter, 1277, wurden in Paris kritische Behauptungen verboten, die ja zunächst jemand verbreitet haben mußte: daß die Theologie auf Fabeln beruht; daß die christliche Lehre ein Hindernis für die Wissenschaft ist; daß das Glück in diesem Leben ist und nicht in einem anderen. In ähnlicher Linie liegen die Gesänge der Carmina Burana, und im islamischen Bereich die Verse des Omar Kayyam. Für die Gegenwart und Zukunft spielt die schon erwähnte Einsicht eine besondere Rolle, daß Wissenschaft und logisches Denken bei aller inhaltlichen Genauigkeit auf der metatheoretischen Ebene mit verschiedenen kulturellen, philosophischen und religiösen Interpretationen des Menschen und der Welt vereinbar ist; mit verschiedenen, aber natürlich nicht mit allen. Voraussetzung der Vereinbarkeit wissenschaftlicher Erkenntnis und religiöser Weltdeutung ist, daß Wissenschaft nicht selbst zur Religion erhoben wird, mit einem dogmatischen, mechanistisch geprägten Rationalismus, der die Grenzen der Erkenntnisfähigkeit unbeachtet läßt; und daß Religion nicht fundamentalistisch verstanden wird, sondern offen ist für eine liberale, sinngemäße, naturwissenschaftlichen Erkenntnissen gegenüber aufgeschlossene Interpretation religiöser Traditionen. Die begrenzte, aber doch erstaunlich weitgehende Übereinstimmung der Ordnung der Natur mit gedanklichen Konstruktionen des menschlichen Geistes läßt eine religiöse Deutung zu: Die Welt ist Schöpfung Gottes. Der Mensch ist geschaffen als Gottes Ebenbild, und zwar

im geistigen, kreativen Sinne, und ist deshalb in der Lage, die von Gott geschaffene natürliche Ordnung gedanklich zu erfassen.

Eine solche Interpretation – wie gesagt, eine Option und kein Muß – hat altgriechische und jüdisch-christliche Wurzeln. Historisch betrachtet stand der Anspruch, die Natur in theoretischen Begriffen zu erklären, am Anfang der altgriechischen Philosophie und wurde schließlich Voraussetzung für die Naturwissenschaften der Moderne. Die jüdische Lehre der Nichtvorstellbarkeit des einzigen Gottes steht ebenfalls in einer – zumindest intuitiven – Beziehung in Richtung auf abstrakte, einheitliche Welterklärung. In deren Rahmen sind eben die Himmelskörper keine Götter, sondern so etwas wie Lampen, um die Welt zu erleuchten. Die Kulturlinien griechischen und jüdischen Denkens zeigen Ähnlichkeiten und Unterschiede, und es scheint vorwiegend eine Angelegenheit des subjektiven Urteils und noch mehr des Zeitgeistes zu sein, ob man das eine oder das andere mehr betont – die verborgenen Verwandtschaften oder das sperrig Fremde. Darüber, daß es überhaupt Ähnlichkeiten gibt, muß man sich so sehr nicht wundern. Beide Gedankenlinien – die altgriechische und altjüdische –, die die Welt schließlich verändert haben, entstammen sehr kleinen, politisch wenig bedeutenden Gruppierungen am Rande der *gleichen* großen Mächte des alten Orients: Persien, Ägypten, Babylonien, wenn auch in geographisch verschiedenen Randbezirken. Sie hatten dabei hinreichenden Zugang zur Information, also vielfältige kulturelle Anregungen, aber auch wenigstens zeitweise eine für Eigenentwicklungen günstige, ausreichende Distanz zum 'mainstream' der Macht. Daß die Vorstellungen griechischer und jüdischer Traditionen zwar nicht voll miteinander vereinbar, aber doch synergiefähig waren, zeigt schon die hellenistisch beeinflusste, jüdische Weisheitslehre: Die Weisheit erscheint dabei als "früheste Schöpfung Gottes, vor den Zeiten; als der Werkmeister bei ihm, da er den Grund der Erde legte" – so heißt es in den 'Sprüchen'.

Besonders folgenreich war die Aufnahme griechischer Tradition in das frühe Christentum, und dabei spielte ein manchmal zu Unrecht verachtetes Element der Kulturdynamik eine wesentliche Rolle: Das kreative Mißverständnis. Eindrucksvoll ist der Bedeutungswandel des Begriffs 'Logos', anrührend auch der ursprüngliche Schauplatz Ephesus, die Stadt Heraklits. Der heutige Besucher, der, von den spektakulären Ruinen der Römerzeit beeindruckt, das Areal des altgriechischen Ephesus aufsucht, blickt enttäuscht auf Tümpel und Sträucher, sieht dort eine einzige wieder aufgerichtete Säule und sonst nichts als graue Steine im Sumpf. Hier stand vor zweieinhalbtausend Jahren eines der Weltwunder der Antike, der Artemis-Tempel von Ephesus. Als die riesige Anlage gerade als Neubau errichtet war, vor 2500 Jahren, hinterlegte nach der Überlieferung Heraklit dort sein Werk zur Bewahrung für die Nachwelt. Erfolg hatte er damit nicht; der Tempel wurde immer wieder zerstört, und von seinem Werk sind nur bruchstückhafte Sätze überliefert, die unserer Phantasie reichen Raum lassen – darunter die Lehre vom Logos, dem Urprinzip der Weltordnung. Es findet sich in verschiedenen Deutungen und Erweiterungen in den Jahrhunderten danach, in der stoischen Philosophie – dort manchmal schon in göttlicher Gestalt; in jüdischen Weisheitslehren; und schließlich im frühen Christentum. Nur wenige hundert Meter vom Artemis-Tempel entfernt auf einer Anhöhe erheben sich die Säulen der Basilika, in der nach der christlichen Überlieferung der Evangelist Johannes bestattet ist, dessen Evangelium, sechshundert Jahre nach Heraklit verfasst, mit der Logoshymne beginnt: *Im Anfang war der Logos*.

Die große Geschichte der Einbeziehung bestimmter Züge griechischen Denkens in das frühe Christentum kann hier nicht mein Thema sein. Nach einer Phase der Stagnation naturphilosophischen Interesses in der Spätantike und im frühen Mittelalter – man meinte, die vernünftige Erklärung unserer vergänglichen Welt trage nicht zum Seelenheil bei – kam es zu der anfangs bereits erwähnten wissenschaftsfreundlichen Wende im philosophischen

und theologischen Denken. Schon im 9. Jahrhundert postulierte Eriugena den Vorrang der Vernunft vor der Autorität. Er sah die Erforschung der Gründe der sichtbaren und der unsichtbaren Dinge geradezu als göttlichen Auftrag – mit Argumenten, die denen des Galilei fast achthundert Jahre danach in dessen bekenntnishaftem, wissenschaftshistorisch folgenreichen 'Brief an die Großherzogin Christina' erstaunlich ähnlich sind <sup>9</sup>. In der frühen Renaissance lehrte Nikolaus von Kues, der Mensch sei Ebenbild Gottes im *schöpferischen* Sinne; wie Gott die Welt in Wirklichkeit, so schafft der Mensch sie in seinem Geist. Insgesamt schufen die vorneuzeitlichen Phasen wesentliche Grundvoraussetzungen für die Naturwissenschaft der Moderne: für die geduldige Erforschung der natürlichen Ordnung in theoretischen Begriffen.

Sicher waren in der Geschichte der Naturphilosophie rationale Erklärungen der Natur oft mit einem Bruch religiöser Traditionen verbunden, die zu schweren Auseinandersetzungen mit religiösen Autoritäten führen konnten. Ohne die Freiheiten, die sich die Wissenschaft nahm, wäre sie nicht zu rationalen Erklärungen mit transkultureller Geltung gekommen. Im ganzen aber ist die Entstehung der modernen Wissenschaft nicht unabhängig von ihren religiösen und kulturellen Wurzeln zu verstehen, sie ist durch und durch ein Kind – wenn auch ein oft schwieriges und aufsässiges Kind – einer Verbindung altgriechischen mit jüdisch-christlichen Kulturtraditionen in Europa.

### **Anmerkungen und Literaturhinweise**

<sup>1</sup> Der vorliegende Vortrag beruht vorwiegend auf einem Beitrag zur Preprint-Reihe des Max-Planck-Instituts für Wissenschaftsgeschichte in Berlin, dessen Text ich zum Teil bei einem dortigen Aufenthalt als 'visiting scholar' im Oktober 1999 verfasst habe: Alfred Gierer, On modern science, human cognition and cultural diversity, Preprint 137 des Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin 2000. Ich danke Prof. Hans-Jörg Rheinberger, Dr. Dieter Hoffmann, Prof. Jürgen Renn, Dr. Baichun Zhang und Dr. Matthias Schemmel für stimulierende und hilfreiche Diskussionen zu dieser Arbeit.

<sup>2</sup> Was die Beziehung von Natur- und Kulturwissenschaften im allgemeinen angeht, so habe ich hierzu in einem Beitrag zu den Göttinger Gesprächen zur Geschichtswissenschaft Stellung genommen: Alfred Gierer, Naturwissenschaft und Menschenbild, in: Naturwissenschaft, Geisteswissenschaft, Kulturwissenschaft: Einheit – Gegensatz – Komplementarität?, hg. v. Otto Gerhard Oexle, Göttingen 1998.

<sup>3</sup> Da das vorliegende Essay auf ziemlich breite Wissensgebiete und ihre Verbindung zurückgreift, ist es praktisch nicht möglich, eine adäquate Liste von Literaturhinweisen zu geben. Literaturangaben zu verschiedenen Aspekten finden sich in meinen Büchern: Alfred Gierer, Im Spiegel der Natur erkennen wir uns selbst. Wissenschaft und Menschenbild, Reinbek 1998, S. 289-312; Die gedachte Natur. Ursprünge der modernen Wissenschaft, München 1991, Reinbek 1998, S. 267-287.

<sup>4</sup> Die erwähnte Geschichte des Schießpulvers ist in großem Detail in Joseph Needham, Science and Civilization in China, Band V, Abschnitt 7, Cambridge 1986, behandelt. Demgemäß suchten Alchimisten der Thang-Zeit Elixier des Lebens und der Unsterblichkeit. Ihre Vorratsgefäße müssen unter anderem die Komponenten enthalten haben, die man für Schießpulver benötigt. In

ihren Texten, die Historiker in das frühe 9. Jahrhundert datieren, gibt es Warnungen vor explosiven Gemischen aus Salpeter, Schwefel und Honig.

<sup>5</sup> Hinsichtlich der Geschichte der Wissenschaft und Technologie der Elektrizität in Europa und ihrer Nichtbeachtung in China sei verwiesen auf Albert Kloss, *Von der Electricität zur Elektrizität*, Boston Stuttgart 1987. In diesem Buch erwähnt der Verfasser auf Seite 41 Georg Wilhelm Richmanns Kontakte mit Jesuiten in Peking über Elektrizität in der Mitte des 18. Jahrhunderts. Die Beziehung zur Akademie von St. Petersburg ist in Antoine Gaubil, *Correspondence de Peking 1722-1759*, Genf 1970, S. 617, 810, 811, dokumentiert. In einem Brief an Christian Gottlieb Kratzenstein und Georg Wilhelm Richmann vom 30. April 1755 schrieb Gaubil (der offenbar noch nicht wußte, daß Richmann schon 1753 bei einem elektrischen Experiment durch Blitzschlag umgekommen war): „Unter den gegenwärtigen Bedingungen ist es nicht angebracht, Experimente über Elektrizität vor chinesischen Intellektuellen und Würdenträgern vorzuführen. Diese Dinge sind nicht ohne Gefahr und Nachteile für uns. Bevor man das tut, müßten die Chinesen die Tatsachen und Ursachen auf diesem Feld [der Elektrizität] lernen, und das ist nicht einfach zu bewirken. Pater Josephus Amiot, Fellow des örtlichen französischen Kollegs, hat dazu genial durchdachte und ausgeführte Experimente gemacht. Nun macht er etwas anderes ...“

<sup>6</sup> Dieser kulturelle Wandel zugunsten naturphilosophischen Denkens ist Gegenstand der Schrift: Alfred Gierer, Eriugena, al-Kindi, Nikolaus von Kues - Protagonisten einer wissenschaftsfreundlichen Wende im philosophischen und theologischen Denken, *Acta Historica Leopoldina* 29, Heidelberg 1999. In diesem Werk ist auch eine Synopse der erwähnten Aussagen Eriugenas und Galileis in Bezug auf den Vorrang der Vernunft vor der Autorität enthalten.

<sup>7</sup> Die Gründe für die 'Blockaden' chinesischer Technologie in moderner Zeit sind kontrovers (siehe zum Beispiel Bertrand Gille, *The History of Techniques*, Band 1, New York 1986, S. 38-497, insbesondere S. 406/407). Während Needham betont, daß der Westen im Vergleich zu China von einer kapitalistischen, fabrikmäßig produzierenden und handelstreibenden Ökonomie die wesentlichen Entwicklungsvorteile gegenüber China hatte, bestehen andere Autoren darauf, daß fast jedes Element, das von Historikern als wesentlicher Beitrag zur industriellen Revolution in Nord-West-Europa angesehen wird, auch in China existierte. Es war nur die neuzeitliche Naturwissenschaft, wie sie in Europa von Galilei und Newton initiiert wurde, die es in China nicht gab.

<sup>8</sup> Die metatheoretische Mehrdeutigkeit moderner Wissenschaft und ihre Offenheit für religiöse wie auch agnostische Interpretationen des Menschen und der Welt sind Themen meines Artikels: Alfred Gierer, *Gödel meets Carnap*, *Zygon* 32 (1997), S. 207-217.

<sup>9</sup> Siehe Anmerkung <sup>6</sup>.