

2009

PREPRINT 388

Alfred Gierer

**Wissenschaft, Religion und die deutungsoffenen
Grundfragen der Biologie**

Wissenschaft, Religion und die deutungsoffenen Grundfragen der Biologie

Alfred Gierer*

Keywords: Naturwissenschaft Religion Eriugena Thierry Gödel Heisenberg
anthropisch Evolution Bewusstsein Logik Intuition agnostisch religionsfreundlich

Zusammenfassung

Reichweite und Grenzen naturwissenschaftlicher Erklärungen ergeben sich zum einen aus der universellen Gültigkeit physikalischer Gesetze, zum anderen aus prinzipiellen, intrinsischen Grenzen der Bestimmbarkeit und Berechenbarkeit, zumal bei selbstbezüglichen Fragestellungen. In diesem Essay geht es um deutungsoffene Grundfragen in Zusammenhang mit der Beziehung von Wissenschaft und Religion: Der Unterscheidung von Tier und Mensch, der Entstehung der mentalen Fähigkeiten der biologischen Spezies „Mensch“, den naturgesetzlichen Voraussetzungen eines „lebensfreundlichen“ physikalischen Universums, und der Reichweite wie den Grenzen einer naturwissenschaftlichen Erklärung von menschlichem Bewusstsein. Naturwissenschaft kann auf der philosophischen, kulturellen und religiösen Ebene die Mehrdeutigkeit der Welt nicht auflösen. Agnostische und religiöse Grundauffassungen werden auf Dauer ko-existieren, und die Wahl ist nicht nur eine Frage des Wissens, sondern besonders auch der Weisheit und der Lebenskunst.

Abstract

Science, religion, and basic biological issues that are open to interpretation

Range and limits of science are given by the universal validity of physical laws, and by intrinsic limitations, especially in self-referential contexts. In particular, neurobiology should not be expected to provide a full understanding of consciousness and the mind. Science cannot provide, by itself, an unambiguous interpretation of the natural order at the philosophical, cultural and religious level. In this essay, some basic issues of modern biology – the distinction of man and animal, the evolution of human mental capabilities, the physics of the universe as precondition for biological evolution, and the intricacies of the brain-mind-relation - will be discussed. They are open to agnostic as well as religious interpretations, the individual choice being mainly a matter of wisdom and not just of knowledge.

* Adresse: Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie, Spemannstrasse 35,
72076 Tübingen. E-mail: alfred.gierer@tuebingen.mpg.de

Einleitung

Es ist erst wenige Jahrzehnte her, dass die meisten westlichen Intellektuellen dem wissenschaftlichen Denken zutrauten, in absehbarer Zeit die als vorwissenschaftlich angesehenen religiösen Vorstellungen, Mythen, Geschichten und Lehren abzulösen, und das nicht nur in unserer Gesellschaft. Auch für andere Kulturen erwartete man, dass sich mit der weltweiten Einführung moderner Wissenschaft und Technik religionskritische Rationalität abendländischer Tradition durchsetzt. Eingetreten ist fast das Gegenteil, zumindest im Weltmaßstab: Die Bedeutung der Religionen nimmt zu.

Geändert haben sich auch Verhaltensweisen innerhalb der wissenschaftlichen Community. Religionsbezogene Aspekte kamen früher in wissenschaftlichen Diskursen gar nicht, in wissenschaftsphilosophischen selten und meist verhalten vor. Heute ist das eher „in“: Ein sehr bekannter Biologe begann seinen letzten Vortrag im Tübinger Max-Planck-Haus mit dem statement „Ich bin ein materialistischer Atheist“. Auf dem anderen Flügel des Meinungsspektrums sieht man die Kreationisten, wemgleich ich persönlich keinen kenne. Wenn ich hier den Themenkreis „Wissenschaft und Religion“ anspreche, dann mit einem Rest alten verhaltenen Zweifels, ob dies ein angemessenes Thema in naturwissenschaftlichem Kontext ist, zugleich in einer religionsfreundlichen Grundstimmung, und mit einer erheblichen Skepsis gegen Fundamentalismen jeder Richtung.

Nun aber zum Thema selbst. Im westlichen Kulturkreis haben die Erfolge der Wissenschaften tradierte Lehren und Dogmen in Frage gestellt und so religiöse Skepsis gefördert; ihre Erkenntnisse haben aber auch, besonders im 20. Jahrhundert, prinzipielle Grenzen naturwissenschaftlichen Denkens aufgezeigt, und zwar durch die konsequente wissenschaftliche Reflexion der eigenen Voraussetzungen. Damit aber ergab sich auch eine offenere Sicht auf religiöse Weltdeutungen. So ist die religiöse Deutung der Ordnung der Natur als Schöpfung Gottes, und eine Auffassung vom Menschen als Ebenbild des Schöpfers im geistigen, kreativen Sinn – als schöpferisch im Kopf – durchaus konsistent mit wissenschaftlichen Tatsachen und logischem Denken. Gerade eine solche Deutung kann uns einem Verständnis dafür näher bringen, warum die naturgesetzliche Ordnung so unerwartet weit der menschlichen Vernunft zugänglich ist, wie es die Geschichte des Kulturprodukts „Naturwissenschaft“ aufzeigt. Vereinbarung von wissenschaftlichem mit religiösem Denken ist jedoch nicht jedermanns Sache, sie ist eine Option. Es kann nicht verwundern, dass es unter Wissenschaftlern viele gibt, die Religion aus berechtigtem Ärger über religiösen Fundamentalismus nach Art des Kreationismus ablehnen; aber auch in atheistischen Bekenntnissen finden sich nicht selten ihrerseits fundamentalistische, unduldsame und dogmatische Züge. Die verbreiteten Schriften von Dawkins sind dafür ein Beispiel, ein anderes ein von der New York Times dokumentiertes Forum am Salk Institut 2006 mit einem Aufruf des Physik-Nobelpreisträgers Steven Weinberg: „Die Welt muss von ihrem langen Albtraum religiösen Glaubens aufwachen... Alles, was wir Wissenschaftler tun können, um den Einfluss der Religion zu schwächen, sollte getan werden und kann letztlich unserer größter Beitrag zur Zivilisation sein.....“.

Tatsächlich hat die Aufklärung des 18. und des Anfangs des 19. Jahrhunderts begründet, dass religiöse Auffassungen nicht naturwissenschaftliche Erkenntnisse widerlegen können. Dies wird längst von den meisten Theologen gar nicht anders gesehen und ist im christlichen mainstream selbstverständlich. Die nachfolgende Aufklärung über die (primäre) Aufklärung und deren prinzipiellen Grenzen erklärt dann aber auch, dass die Naturwissenschaft nicht die Religionen widerlegt, jedenfalls nicht in ihren ihrerseits aufgeklärten Formen. Die Einstellung zu Religion bleibt streng wissenschaftlich unentscheidbar; sie ist nicht zuletzt eine Frage der Weisheit und der Lebenskunst und hängt von individuellen, sozialen und kulturellen Voraussetzungen ab. Somit ist zu erwarten, dass agnostische und religiöse Weltdeutungen auf Dauer koexistieren.

Neurobiologie, Menschenbild und erkenntnistheoretische Grenzen der Entscheidbarkeit

Nachdem in Diskussionen um die Beziehung von Wissenschaft und Religion lange Zeit das Thema „Evolution“ dominierte, rückt nun auch die Neurowissenschaft mehr und mehr in den Fokus - es gibt Wissenschaftler, die sich als Neurophilosophen, Neuroökonom, Neuroästhetiker und sogar Neurotheologen verstehen (was ist derzeit nicht alles Neuro-?) - womit allerdings häufig übertriebene Ansprüche und falsche Erwartungen verbunden sind. Nicht selten geht es dabei nur um neurobiologische Korrelate von Phänomenen und Zusammenhängen, die man längst kennt. Was aber können wir wirklich dazulernen, wenn wir neurobiologische Prozesse im menschlichen Gehirn bei religiösen Gedanken, Gefühlen und Erlebnissen beobachten und vermessen? Auch ohne computertomographische Untersuchungen ist schon von vornherein klar, dass all dies mit Gehirnaktivitäten

verbunden ist; und dass, soweit es sich um Fähigkeiten handelt, die zum Beispiel Schimpansen nicht haben, dem dann auch Unterschiede in Gehirnvorgängen und Gehirnstrukturen zwischen Mensch und Schimpanse zugrunde liegen. Sodann zeigen soziobiologische Überlegungen, dass religiöse Fähigkeiten den Zusammenhalt, die Selbstbehauptung und das Überleben menschlicher Sozialverbände befördern konnten, und damit wird die Entwicklung und Verankerung religiöser Fähigkeiten im menschlichen Gehirn auch evolutionsbiologisch einsichtig. Und doch wäre es ein grosser Irrtum zu glauben, man könne auf Grund solcher Erkenntnisse Religion vollständig erklären oder gar entlarven.

Man kann sich dies an einer der philosophisch tiefsten und allgemeinsten Fragen klarmachen, die unsere Intuitionen zugunsten oder zu Ungunsten eines religiösen Weltverständnisses wesentlich mitbestimmt: Gibt es eine Ordnung der Welt, des Denkens und der Dinge auch ohne uns Menschen, und haben wir sie mit unserem evolvierten Gehirn im Laufe der letzten Jahrtausende der Kulturgeschichte dann entdeckt und mehr oder weniger gut verstanden – oder ist sie in erster Linie eine Konstruktion menschlicher Gehirne, die es ohne uns Menschen gar nicht geben würde? Ist die naturgesetzliche Ordnung, einer religiösen Deutung entsprechend, von Gott in wesentlichen Zügen am Anfang der Dinge geschaffen, oder ist sie in Wirklichkeit, ohne Gott, erst und nur in den Köpfen der Menschen entstanden? Das sind subtile, „metatheoretische“ Fragen, die durch raffinierte Analysen von Gehirnprozessen bei philosophischen oder religiösen Gedanken und Empfindungen sicher nicht zu entscheiden sind.

In vergleichbarer Weise offene philosophische bzw. metatheoretische Grundfragen finden sich, wenn es um Voraussetzungen menschlichen

Denkens geht, auch in anderen Zusammenhängen. Beispiel Mathematik: Gibt es die fünf, und nur diese fünf, platonischen Körper, gibt es die Zahlen, gibt es Primzahlen – beweisbar unendlich viele Primzahlen – auch unabhängig von menschlichen Gehirnen? Reflektiert die schöne Symmetrie der Grundgleichungen der Relativitäts- und Quantenphysik die Ordnung der Natur, oder nur unser Denken und dessen Wünsche? Darüber lässt sich zwar wunderbar streiten, aber darüber lässt sich nun wirklich nicht durch Analysen unserer Hirnaktivitäten im Computertomographen entscheiden, während wir gerade rechnen oder denken – oder streiten. Und hier liegt die Parallelität mit der genannten Grundfrage zur Religion: Gibt es eine Ordnung der Welt, der Dinge und des Geistes nur durch und in uns oder auch ohne und vor uns – das werden wir im Prinzip nicht durch neurobiologische Forschung herausfinden.

Trotz dieser Einschränkungen trägt die Naturwissenschaft aber auch wesentlich zu unserem Selbstverständnis, zu unserem Menschenbild bei. Zum einen ergibt sie grundlegende Einsichten über unsere biologische Spezies „Mensch“. Das betrifft zunächst seine biologische Herkunft: Die letzte Abzweigung von der Linie heute lebender Tiere wie der, die zum Schimpansen führte, erfolgte vor etwa sechs Millionen Jahren. Eine deutliche Zäsur gab es vor etwa zweihunderttausend Jahren, als wohl in Afrika aus einer kleinen Menschengruppe der heutige anatomisch moderne Menschentyp entstand. Er verdrängte danach weltweit alle anderen Menschentypen. Welche Änderungen von Genen den Prozessen zugrunde lagen, und wann und wo sie erfolgten, weiß man noch nicht – vielleicht spielten einige wenige Auslöser eine Schlüsselrolle dafür, dass in der Folge Gehirnfähigkeiten auf eine höhere Stufe der Abstraktion gehoben wurden. Jedenfalls führte die biologische Begründung – oder drastische Erweiterung – von Fähigkeiten des menschlichen Gehirns

schließlich seit etwa 40000 Jahren in die sehr ausgeprägte Eigendynamik der menschlichen Kulturgeschichte mit ihren weiten, aber durch die biologischen Voraussetzungen immer noch begrenzten Spielräumen kultureller Gestaltung.

Wesentlich für unser Selbstverständnis ist die Einsicht, dass allgemeine Fähigkeiten unserer biologisch modernen Spezies Mensch weit über den evolutionsbiologischen Anlass ihrer Entstehung hinausführen können, wie die Fähigkeiten des Bewusstseins und der Sprache, aber auch die Potentiale für Religion. Eine entsprechende Logik der Verallgemeinerung gilt übrigens auch für andere Bereiche wie die der Technik: Die Erfindung des Rades als hölzerne Scheibe für Transportkarren vor vielleicht 6000 Jahren enthielt nicht schon das ganze Spektrum von Potentialen des Konzepts „Rad“ – die Töpferscheibe und die Windmühle, das Kugellager und die Schiffsschraube, das Düsenaggregat und die Gebetsmühle...

Über solche Einsichten zur biologischen Anthropologie hinaus zeigt uns die moderne Naturwissenschaft sodann - vielleicht besser und genauer als jede andere Kulturleistung - die erstaunliche Reichweite wie auch die Grenzen des menschlichen Denkens auf. Die Grundgesetze der Physik umfassen alle Vorgänge in Raum und Zeit, einschliesslich der Lebensprozesse; aber es gibt prinzipielle Grenzen der Bestimmbarkeit und Berechenbarkeit, Grenzen, die selbst Naturgesetz sind. Und eine in mancher Hinsicht analoge Selbstbegrenzung unseres Wissens ergab die mathematische Logik, zumal wenn es um selbstbezogene Operationen geht: Es zeigte sich, dass kein einigermaßen leistungsfähiges logisches System mit den je eigenen Mitteln gegen Widersprüche abgesichert werden kann.

Zudem sprechen nach meiner Auffassung starke Gründe für die Vermutung, dass es ebenso grundsätzliche, erkenntnistheoretisch robuste Grenzen auch für die naturwissenschaftliche Erklärung von menschlichem Bewusstsein gibt. Aus der Gültigkeit der Physik im Gehirn und der Korrelation von Bewusstseins- mit Gehirnzuständen folgt nämlich keineswegs, dass es ein allgemeines Verfahren geben muss, um mit endlichen Mitteln in endlicher Zeit eine vollständige Entschlüsselung der Gehirn-Geist-Beziehung zu erreichen. Was die Konsistenz unseres Denkens angeht, so dürfte aus erkenntnistheoretischen Gründen besonders bei rück- und selbstbezogenen Vorgängen eine Anfälligkeit gegen Widersprüche prinzipiell nicht zu vermeiden sein, und das betrifft nicht zuletzt Selbstverständnis und Selbstbilder, die für menschliches Bewusstsein konstitutiv sind.

Kulturdynamik, Widerspruchstoleranz und die wissenschaftsfreundlichen Strömungen theologischen Denkens seit dem Mittelalter

Also Leben mit Widersprüchen – ein altes Thema. So sagte mir gelegentlich der Kulturwissenschaftler Burkhard Gladigow auf meine Frage nach den wichtigsten Problemen in seinem Feld: „Wie viel Widersprüche *verträgt* eine Kultur?“. Das ist überzeugend, aber der Blick auf die Geschichte zeigt uns darüber hinaus auch die Bedeutung des komplementären Aspekts, wie viel Widersprüche eine Kultur *braucht*. Für Kulturen und Teilkulturen, für Religionen und Weltdeutungen gibt es einen für die Entwicklung „grünen“ Bereich. Widerspruchsvermeidung ist jedenfalls kein Ideal. Man soll zwar Analogien von biologischer und kultureller Evolution nicht überschätzen, aber es gibt sie durchaus, was die Schlüsselrolle von Varianten angeht. Die dynamische Entwicklung von Kulturen unter sich verändernden Bedingungen erfordert Varianten,

erfordert eine gewisse Spielbreite, und zwar nicht nur von Verhaltensweisen, sondern auch von mentalen Grundauffassungen in der Gesellschaft, dazu Bereitschaft des mainstreams zum Lernen von Anderen und zur Veränderung eigener Einstellungen. Dies entscheidet nicht zuletzt über den gesellschaftlichen Erfolg religiöser Strömungen.

Kommen wir damit zum Christentum. Variationsbreite dokumentiert sich schon im Kanon des Neuen Testaments, der ja alles andere als widerspruchsfrei ist. Variationbreite war überhaupt wesentliche Voraussetzung für den so erstaunlichen Aufstieg des Christentums am Anfang unserer Zeitrechnung: Aus einer kleinen eschatologischen jüdischen Gemeinschaft wurde ein Main Player in der Rivalität um kulturelle Dominanz im ganzen römischen Imperium.

Die christlichen Lebensregeln waren kurz (im Mittelpunkt die Gottes- und Nächstenliebe) und ziemlich flexibel. Dazu kam eine wachsende Bereitschaft, Ideenwelten griechischer Popularphilosophie, zumal der Stoa („Im Anfang war der Logos...“), und auch hellenistisch-orientalischer Mysterien wie der des Isiskults zu integrieren. Allerdings führte die Erwartung des neuen Reichs Gottes in kulturdynamisch wesentlicher Hinsicht auch zu Stagnation, nämlich zu einer Verarmung intellektueller Bemühungen, was das Verständnis unserer dem Untergang geweihten Welt angeht; die „curiositas“, um mit dem Kirchenvater Augustinus zu sprechen, wurde weitgehend verachtet. Erst allmählich, als das Weltende immer mehr in die Ferne gerückt war, zeichnete sich eine pro-wissenschaftliche Wende philosophischen und theologischen Denkens ab, indem schliesslich das menschliche Verständnis der Natur als gottgewollt angesehen wurde und das Buch der Natur als fast gleichwertig zur biblischen Offenbarung aufgefasst werden konnte. Eine parallele Welle hellenistisch inspirierter Aufklärung gab es im islamischen

Bereich. Dort waren die Träger in erster Linie Ärzte, während es in Europa Kleriker waren.

Zur Frühgeschichte dieser Wende gehören die Gedanken des neuplatonisch inspirierten, genialen Theologen Eriugena, der im 9. Jahrhundert am Hofe Karls des Kahlen wirkte. Eine Hölle, so Eriugena, gibt es nicht wirklich und schon gar nicht ewig, sie ist nur eine Metapher für die Abwesenheit der Seligkeit. Am Ende der Dinge steht für Alle das göttliche Heil, auch für die Sünder. Gott will den Menschen als Freien: Kein Determinismus, dafür anthropologischer Optimismus. Vernunft steht über Autorität: „Jede Autorität, die nicht durch wahre Vernunft gebilligt wird, erscheint als schwach; dagegen hat die wahre Vernunft keine Bekräftigung durch Zustimmung irgendeiner Autorität nötig“. Zur Wissenschaft: Gott hat uns den Verstand auch dazu gegeben, dass wir uns um das Verständnis der Natur bemühen: „Die göttliche Autorität hindert uns nicht bloß nicht, sondern sie fordert uns geradezu auf, nach den Gründen der sichtbaren und unsichtbaren Dinge zu forschen.“

Mathematik ist dabei hilfreich. Das Weltbild der Bibel ist nicht wörtlich zunehmen. „Es gibt viele Wege, tatsächlich eine unbegrenzte Zahl, um die Schrift zu interpretieren.“ Die Schöpfungsgeschichte ist als hintergründige metaphorische Erzählung zum Verständnis der zugrunde liegenden Prinzipien zu deuten – eigentlich habe Gott alles auf einmal geschaffen. Und die Erde ist keine Scheibe, sondern selbstverständlich eine Kugel, und zwar von der Grösse, wie sie von Erasthostenes mit Hilfe mathematischer Konzepte bestimmt wurde. Soweit Eriugena im neunten Jahrhundert!

Volle Dynamik erreichte die intellektuelle, auch die naturphilosophische Entwicklung erst später, besonders im Bereich von Chartres und der Universität Paris im und nach dem 12. Jahrhundert. Die Freiheiten, die

Gelehrte sich nahmen, und nehmen konnten, waren beträchtlich, das Spektrum ihrer Gedanken war weit. Thierry von Chartres lehrte, 700 Jahre vor Darwin, Gott schuf am Anfang die Elemente und die Naturgesetze, die sie befolgen, und Leben entwickelte sich danach naturgesetzlich von selbst. Wilhelm von Conches lehrte zur gleichen Zeit den natürlichen Ursprung des menschlichen Körpers und bemerkte über rückständige allzu schriftgläubige Theologen, „sie selbst kennen die Kräfte der Natur nicht, und damit sie Genossen ihrer Unwissenheit haben, wollen sie nicht, dass andere forschen...“ Die gottgewollte, dem menschlichen Geist zugängliche Ordnung der Natur impliziert eine ebenso gottgewollte Selbstbeschränkung von Interventionen in das Naturgeschehen. Kann Gott in seiner Allmacht einen Baum in ein Kalb verwandeln? Dazu wiederum Wilhelm von Conches: Er kann es, aber er macht es nicht. Das „Buch der Natur“ trat neben das „Buch der Offenbarung“. Naturforschung erhielt so autonomen Rang: „Wenn ich die Natur erforsche, interessieren mich keine Wunder“ – so Albertus Magnus.

Es war das neue Denken an den Rändern des theologisch-philosophischen Meinungsspektrums, das den Boden für die Moderne, nicht zuletzt für die moderne Naturwissenschaft bereitet hat. Zwar verdankt die Wissenschaft viel der *Befreiung* von religiösen Randbedingungen und Zwängen. Dies *allein* hätte aber nicht überall in die Wissenschaft geführt, sagen wir etwa in der Südsee zwischen Samoa und Port Moresby. Im Gegenteil: Unsere Naturwissenschaft ist durch und durch ein Kind - allerdings ein oft eigensinniges, schwieriges und widerspenstiges Kind - der christlichen Kulturtradition samt ihrer jüdischen und altgriechischen Wurzeln. Das gilt besonders für die Elektrizität. Sie wurde in Europa verstanden und entwickelt, nicht in China – und zwar in Jahrhunderten der Grundlagenforschung, besonders

zwischen Guericke's frühen Experimenten mit seiner Elektrifiziermaschine im 17., und Oerstedts und Faradays fundamentaler Entdeckung des Elektromagnetismus im 19. Jahrhundert. Solche Grundlagenforschung und die dazu nötige Generationen übergreifende Geduld wiederum basierte nicht zuletzt auf der Vorstellung, dass auch die Ordnung der Natur eine Offenbarung Gottes ist und ihre Erkenntnis der Ehre Gottes – Gloria Dei – dient. „Die Ehre Gottes, die weitere Aufklärung auf dem Gebiete der Heilkunde und der daraus hervorgehende Nutzen für die Mitmenschen“ ist das Ziel der Gründung der ersten deutschen Akademie, der *Academia Naturae Curiosorum* 1652, der späteren „Leopoldina“. Noch die preußische Gründung der Universität Bonn 1818 beruft sich nicht nur auf die allgemeine Wohlfahrt, sondern zuvorderst auf die Ehre Gottes. Ohne solche Motivation, Protektion, meinetwegen auch ohne solche Ausreden hätte sich Grundlagenforschung in unserem Sinne schwerlich über Jahrhunderte entfalten können; kulturgeschichtlich gesehen ist Elektrizität, ist Strom aus der Steckdose in einer Weise eine christliche Technik.

Deutungs offene Grundfragen der Biologie

Wie schon einleitend bemerkt, können religiöse Argumente keine naturwissenschaftlichen Erkenntnisse widerlegen, aber umgekehrt vermag die Wissenschaft auch nicht, Religion obsolet zu machen. Wissenschaftliches Denken kann nicht alle sinnvollen Fragen beantworten, nicht einmal alle Fragen, die die Voraussetzungen von Wissenschaft selbst betreffen – zum Verhältnis des Mentalen und Materiellen, zu Erkenntnis und Wirklichkeit, Gehirn und Geist, Logik und Intuition... Auf der metatheoretischen Ebene bleibt Wissenschaft deutungsfähig und deutungsbedürftig. Dabei ist Theologienähe kein

Kriterium für wissenschaftliche Wahrheit, Theologieförderung ist es aber ebenso wenig. Wissenschaftliche Erkenntnisse haben allerdings ihrerseits durchaus intuitive Beziehungen zu theologischen wie auch agnostischen Auffassungen, nur darf man nicht erwarten, dass dies zu zwingenden, alle überzeugenden Schlüssen führt. Als wichtige Beispiele hierfür seien einige Themen naturwissenschaftlicher Diskussionen genannt, die in der Argumentation für und gegen agnostische beziehungsweise religiöse Weltdeutungen eine Rolle spielen.

Was unterscheidet Mensch und Tier?

Erwähnt sei zunächst die Beziehung von Evolution und Menschenbild. Wie verschieden ist der Mensch im Vergleich zu den höheren Tieren? Ob man Unterschiede für gross oder klein hält, ist oft eine Frage der Sichtweise. Verliebte vergleichen manchmal Mädchen mit Blumen, obwohl dieser Vergleich ziemlich weit hergeholt ist; andere warnen ständig davor, Äpfel mit Birnen zu vergleichen, obwohl die doch sehr ähnlich sind. Physikalisch gilt für Tiere die gleiche Physik wie für Menschen. Die Chemie ist weitgehend deckungsgleich. Gene der Menschen unterscheiden sich dann aber von denen der Schimpansen, was die Folge der Genbausteine, der Nukleotide, angeht, um etwa einem Prozent. Das ist allerdings erstens ziemlich banal – die Abzweigung von Menschen und anderen Primaten liegt etwa sechs Millionen Jahre zurück, und alle Millionen Jahre Evolution ändern sich nun einmal um die zwei tausendstel der Nukleotide – und es ist zweitens nicht wenig: verschieden sind immerhin 30 Millionen Nukleotide! Entscheidend sind dabei wohl Unterschiede der Gehirnfähigkeiten; sie sind umso grösser, je mehr es um Meta-ebenen der Informationsverarbeitung geht. Es scheint schwer, einem Affen beizubringen, was „übermorgen“ heisst oder wie man Primzahlen von anderen Zahlen unterscheidet. Achtzig Menschen

können ein Büchlein herausbringen über die Frage „Was ist der Mensch?“, aber eine Horde von achtzig Affen unter einer Schirmakazie wird kaum über die Frage kommunizieren: „Was ist der Affe?“. Die Meta-ebenen sind Voraussetzung für das menschliche Bewusstsein und charakterisch für die höheren Fähigkeiten des menschlichen Gehirns.

Wie sind diese Gehirnfähigkeiten entstanden? Wie kontinuierlich verlief die Evolution des Menschen, besonders die unserer heutigen Menschenart homo sapiens sapiens? Wir wissen es noch nicht. Assoziativ tendieren Agnostiker zu der Vorstellung: So kontinuierlich wie möglich; nicht nur viele kleine Schritte, sondern auch nur unspezifische Schritte. Mit der These, es waren durchweg genetische Schritte mit jeweils kleinen unmittelbaren Auswirkungen- einem der Grundzüge des Darwinismus - haben sie naturwissenschaftlich recht. Auch können durch Akkumulation vieler häufiger, unspezifischer Schritte durchaus qualitativ neuartige Merkmale entstehen – man denke etwa an die Bildung von Wolken am anfangs blauen Himmel - aber das ist nicht die einzige Möglichkeit.

In großen Populationen und vielen Generationen kommen statistisch ganz zufällig und natürlich auch solche genetische Veränderungen – insbesondere bestimmte Neukombinationen von Genabschnitten - vor, die pro Individuum sehr selten sind, die dann aber durch eine Art Weichenstellung eine qualitativ neue Richtung der Evolution begründet haben könnten, welche erst in vielen weiteren Schritten von Mutations- und Selektionsvorgängen ausgeprägt wurde. Ich vermute, dass gerade solche Weichenstellungen für die Menschwerdung eine wesentliche Rolle gespielt haben, als es um die Einziehung von Meta-ebenen in Gehirnfähigkeiten ging, die die Spezies „Mensch“ charakterisieren.

In mancher (nicht in jeder) Hinsicht analoge Prinzipien „Akkumulation“ und „Neukombination“ gibt es übrigens auch in der Entwicklung der Technik. Bei Segelschiffen dominierte die quantitative Vergrößerung der Segelfläche – größere Segel, mehr Masten, mehr Segel pro Mast; für Dampfschiffe die Neukombination von Dampfkraft mit Schiffsrumpf, was erst zum Erfolg führte, nachdem Watts Dampfmaschine in anderem Kontext, nämlich dem Bergbau, zu großer Perfektion entwickelt war. Wundern wir uns also nicht, dass die Evolution gerade der höheren menschlichen Gehirnfähigkeiten wie die der Sprache, des strategischen Denkens oder der kognitionsgestützten Empathie, jeweils hohe Teilfähigkeiten unserer tierischen Vorfahren geradezu voraussetzte.

Die anthropische Frage: Warum ist die Physik des Universums lebensfreundlich?

Noch gewichtiger als die Mensch-Tier-Unterscheidung ist theologisch wohl die sogenannte anthropische Fragestellung: „Warum ist unsere Welt lebensfreundlich, warum ermöglicht sie Leben mit Geist?“ In diesem Zusammenhang kann der vielbeachtete Kreationismus eigentlich nicht intellektuell ernst genommen werden; es handelt sich um eine Theologie vor der Aufklärung, und die Evolutionstheorie ist richtig, obwohl sie wörtlichen Bibelauslegungen widerspricht. Dies anzuerkennen fällt mittlerweile auch den meisten Theologen leicht. Nun haben sich aber in den USA kreationistische Gruppierungen für die neutraler klingende Formulierung „Intelligent Design“ entschieden, um bei der Entstehung der Lebewesen immer wieder gerichtete Eingriffe Gottes in das naturgesetzliche Geschehen zu postulieren, ohne sich unmittelbar und explizit auf Gott zu beziehen. Ihre Auffassung wird dadurch nicht richtiger, denn die naturgesetzliche Ordnung ist so beschaffen, dass sich Leben mit verschiedensten Arten von selbst

entwickeln kann – aber nun greifen Agnostiker allzu gern die Reizformel „Design“ auf, um den Begriff auch außerhalb der Biologie zu tabuisieren. Dazu kann man sich jedoch nicht mehr auf harte naturwissenschaftliche Fakten berufen wie für die Erklärung biologischer Evolution, bei der eine Auswahl unter real existierenden, zufällig gebildeten Varianten zweifelsfrei stattfindet. Warum aber sollten wir uns dann die Fragen verbieten, wieweit und in welchem Sinne die naturgesetzliche Ordnung selbst intelligibel und damit „intelligent“ ist, und warum und wie sie in der materiellen Welt im Laufe von Milliarden Jahren der Evolution ausgeprägtes Leben, und „Leben mit Geist“, hervorbringen konnte?

Schon die elementarsten Formen des Lebens beruhen auf einer Kohlenstoffchemie, die in subtiler Weise von den Grundstrukturen und Grundkonstanten der Physik, wie wir sie kennen, abhängt. Das gilt erst recht für höhere Formen des Lebens, für Leben mit Geist. Dieses erfordert Mechanismen extrem komplexer, schneller und verlässlicher Informationsverarbeitung, und das geht nur elektrisch mit Milliarden von miteinander vernetzten Schaltelementen, die in kleinsten Bereichen elektrische Spannungen extrem schnell verrechnen. Darauf beruht die Leistung von Gehirnen. Dass derartiges überhaupt materiell realisierbar ist und durch biologische Evolution sozusagen von selbst hervorgebracht werden kann, ist alles andere als selbstverständlich; es hängt sehr spezifisch und empfindlich von der Physik des Universums ab.

Warum also sind die Naturgesetze und die Anfangsbedingungen des Kosmos so, wie sie sind, sodass sie Leben, auch höheres Leben mit Geist, hervorbringen? Religiöse Deutungen besagen, dies entspreche dem Schöpfungswillen Gottes; Agnostiker bestreiten dies, und in der extremsten, aber auch konsequentesten Form führt das auf die These, es

gebe neben unserem noch ungeheuer viele andere Universen, mit anderen Strukturen und Gesetzen. Dass unser Universum lebensfreundlich ist, ist reiner Zufall. Es gibt, was es gibt, weil es eigentlich nichts gibt, was es nicht gibt. Dagegen lässt sich ins Feld führen, dass es kein Verfahren gibt, um die Existenz anderer Universen zu beweisen oder zu widerlegen; die moderne Naturwissenschaft, zumal in Form der Quanten- und Relativitätstheorie, verweist uns darauf, dass im Rahmen der Physik prinzipiell unentscheidbare Fragen keinen Sinn machen – als physikalisch real ist nur das anzusehen, was im Rahmen naturgesetzlicher Kriterien wenigstens im Prinzip auch wissbar ist. Der Glaube an „Multiversen“ ist nicht jedermanns Sache und erklärt auch nicht, wieso es überhaupt etwas gibt und nicht nichts...

Deshalb erscheint mir eine Form des Anthropischen Prinzips als vernünftig, die besagt: „Die naturgesetzliche Ordnung der realen Welt ist unter physikalisch-logisch denkbaren Möglichkeiten eine solche, die Leben, und Leben mit Geist und Bewusstsein ermöglicht, und dieses Prinzip ist selbst eine Art Meta-Naturgesetz“. Man kann mit einer solchen Auffassung zur Beziehung des Physischen und des Mentalen – das reale Universum ist ein im Prinzip von Innen erkennbares Universum - durchaus überzeugter Atheist sein und bleiben; aber sie steht doch in ihrer Logik auch theologischen Deutungen nicht fern, nach denen Gott in der Weisheit der Schöpfung erkannt werden will. Wie auch immer man dazu steht – hinsichtlich wesentlicher Grundfragen zur Evolution des Menschen liegt der Ball nun auf dem Spielfeld der Physik. Allerdings legt es die besondere Anfälligkeit dieser anthropischen Fragen gegen Selbstbezüglichkeiten und überhaupt gegen erkenntnistheoretische Fallstricke nahe, dass wir kaum je ganz über Vermutungen hinauskommen, die auch auf vorrationalen Intuitionen beruhen.

Menschliches Bewusstsein: Gibt es Grenzen wissenschaftlicher Erklärung?

Schliesslich hat der weite Themenkreis „Naturwissenschaft und menschliches Bewusstsein“ Aspekte von theologischem Interesse. Bewusstsein ist eine Eigenschaft, eine Funktion unseres Gehirns; das wiederum ist Produkt biologischer Evolution und unterliegt den Gesetzen der Physik. Zwar verstehen wir noch nicht wirklich, was Bewusstsein ist, unsere Kenntnisse nehmen aber ständig zu. Das werde schließlich zu einem weitestgehenden neurobiologischen, also konsequent naturwissenschaftlichem Verständnis aller menschlichen Gehirneigenschaften führen – eine solche Sichtweise legt agnostische Weltauffassungen nahe. Zeigen aber nicht, im Gegenteil, gerade die Entdeckungen Gödels und Turings zu Grenzen formal-logischer Entscheidbarkeit und Berechenbarkeit, dass bewusstes menschliches Denken sich selbst und seine je eigenen Voraussetzungen schlechthin nicht vollständig ergründen und absichern kann, dass es vielmehr auf Voraussetzungen beruht, die prinzipiell nicht ganz im formalisierbaren und damit auch mechanisierbaren Denken aufgehen können? Befragen wir die Protagonisten der mathematisch-logischen Entscheidungstheorie am Besten selbst: Gödel sagte dazu im Prinzip „ja“ – es bleiben immer Voraussetzungen, die nicht formalisierbar sind - , Turing „nein“ – keine Grenzen für künstliche Intelligenz - , Nagel und Newman, Autoren des Klassikers „Gödel's Proof“, „ja“, Hofstadter, der Autor des Bestsellers „Gödel-Escher-Bach“ wiederum „nein“ – ist doch alles Neuro - , und zwar ziemlich lakonisch in wenigen Sätzen seines voluminösen Buches. So fasst es ein neuer Review-Artikel in der „Nature“ zusammen. Die Protagonisten sind sich also in dieser Frage bemerkenswert uneins. Wie wesentlich oder unwesentlich irreduzierbare Intuition für menschliches Denken ist, beurteilen wir anscheinend auch wieder intuitiv...

Für „wesentlich“ spricht nach meiner Auffassung, dass Bewusstsein nicht nur Gegenstand, sondern auch Voraussetzung der Wissenschaft ist; dies betrifft im Kern die Züge unseres Denkens und Empfindens, die die Bereiche des Mentalen und des Materiellen verbinden. Das zeigt sich besonders deutlich am Kulturprodukt „Naturwissenschaft“ mit ihrem Anspruch, das Geschehen der äußeren, materiellen Natur durch oft einfache und schöne Gesetzmäßigkeiten für den menschlichen Geist, für unser bewusstes Denken verständlich zu machen. Wie kommt der menschliche Geist zum Beispiel dazu, sich die schöne, einfache, aber sehr abstrakte Formel $E=mc^2$ auszudenken, um sie dann in der konkreten Natur in vielfältigster Weise bestätigt zu finden? Evolutionsbiologische Erklärungen unter Bedingungen von Jäger- und Sammlerkulturen der Steinzeit, in der die Gehirnfähigkeiten unseres biologisch modernen Menschentyps entstanden sind, tun sich damit nicht eben leicht. Gesichtspunkte dieses Typs können dann aber ihrerseits auch religiöse Fragen aufwerfen. „Wissenschaft ohne Religion ist lahm, Religion ohne Wissenschaft ist blind“, so der Entdecker von $E=mc^2$, Albert Einstein. Wenn er ab und an von Gott sprach, dann metaphorisch als Inbegriff der natürlichen kosmischen Ordnung. Von einem persönlich ansprechbaren Gott aber wollte er nichts wissen. Der Begründer der Quantenphysik und der Unschärferelation, Werner Heisenberg, war darin eher positiv. Er bezog sich dabei auf Möglichkeiten und Grenzen, die das Verständnis von unserem menschlichen Bewusstsein betreffen. „Kann man“, so beschrieb er ein erinnertes Gespräch mit Wolfgang Pauli, „der zentralen Ordnung der Dinge und des Geschehens, an der ja nicht zu zweifeln ist, so unmittelbar gegenüberzutreten, wie dies bei der Seele eines anderen Menschen möglich ist? ...Wenn du so fragst, würde ich mit Ja antworten.“ ...Ein weites Feld mit vielen offenen Fragen...

Resümee: Agnostische und religionsfreundliche Grundeinstellungen werden auf Dauer bestehen – wir dürfen wählen

Keine der besprochenen Denklinien mit naturphilosophischem Einschlag hat strengen Beweischarakter zugunsten agnostischer bzw. atheistischer und religiöser Weltdeutung. Assoziative Beziehungen bestehen aber sehr wohl und sind durchaus auch kulturdynamisch wirkungsmächtig. Ganz allgemein begünstigt Interpretationsbreite die Dynamik der Kulturentwicklung. Dabei hängt sehr viel für das gesellschaftliche Wohlergehen insgesamt davon ab, dass jeweils innerhalb religiöser wie auch agnostischer Strömungen die liberalen und toleranten gegenüber den fundamentalistischen und dogmatischen die Oberhand gewinnen und behalten. Dazu gehört nicht zuletzt die Einsicht, von dem dieser Artikel handelt: dass nämlich menschliches Denken, auch naturwissenschaftliches Denken, bei allen Leistungen die Rätselhaftigkeit der Welt nicht vollständig auflösen kann. Im Gegensatz zu Auffassungen von Fundamentalisten - sei es auf dem religiösen, sei es auf dem atheistischen Flügel des Meinungsspektrums - ist die Welt, erkenntnislogisch gesehen, intrinsisch mehrdeutig, und darin wird sich auch nichts ändern: Philosophischer, religiöser und kultureller Pluralismus werden auf Dauer bestehen. Wir dürfen wählen, und dabei kommt nicht nur Wissen, sondern auch Weisheit und Lebenskunst ins Spiel. Und wir können dabei gelassen und nach Möglichkeit nicht ganz humorlos weiterhin mit Widersprüchen leben: nicht nur interkulturell, sondern auch innerhalb von Kulturen und Teilkulturen, in gewissem Masse sogar innerhalb unseres je eigenen, persönlichen Denkens und Empfindens.

Literaturhinweise:

Im Rahmen dieses Essays, das sich auf die Beziehung von Wissenschaft und Religion konzentriert, möchte ich auf zwei meiner Bücher hinweisen, in denen verschiedene Aspekte, die für diese Thematik von Interesse sind, eingehender behandelt und Literaturhinweise zu finden sind, sowie auf einen Artikel zur Begründung von Grenzen einer naturwissenschaftlichen Theorie der Gehirn-Geist-Beziehung:

Alfred Gierer: Im Spiegel der Natur erkennen wir uns selbst - Wissenschaft und Menschenbild. Rowohlt Reinbek 1998. Im Netz unter:

http://www.eb.tuebingen.mpg.de/emeriti/gierer/philosophy_history.htm

Alfred Gierer: Die gedachte Natur – Ursprünge der modernen Naturwissenschaft, Rowohlt Reinbeck 1998. Im Netz unter:

http://www.eb.tuebingen.mpg.de/emeriti/gierer/philosophy_history.htm

A. Gierer (2008). Brain, mind and limitations of a scientific theory of human consciousness. BioEssays 30, 499-505. Preprint im Netz unter:

<http://www.eb.tuebingen.mpg.de/departments/former-departments/a-gierer/brain-mind-bioess.pdf>

Das anfangs erwähnte Forum am Salk Institut in San Diego (2006) mit Dawkins und Anderen zum Thema Science and Religion mit vorwiegend fundamentalistisch atheistischen und aggressiv antireligiösen Tendenzen, bei nur wenigen, milde zu Umsicht warnenden Stimmen ist dargestellt in der New York Times vom 21. 11. 2006. Im Netz unter: <http://www.nytimes.com/2006/11/21/science/21belief.html>

Zur Geschichte des philosophischen und theologischen Denkens über die Natur, zumal im Mittelalter:

Kurt Flasch: Das philosophische Denken im Mittelalter. Reclam Stuttgart 1986.

A. Gierer (2009): Eriugena, al-Kindi, Nikolaus von Kues – Protagonisten einer wissenschaftsfreundlichen Wende im philosophischen und theologischen Denken.

Acta Historica Leopoldina 29. Im Netz unter:

<http://edoc.bbaw.de/oa/books/redzlxjciPbwU/PDF/23Bs2y5SG2jQ.pdf>

Jacques Le Goff: Die Intellektuellen im Mittelalter. Deutscher Taschenbuch Verlag (dtv) München Ausgabe 1993.

Der Sammelband „Was ist der Mensch“ mit achtzig Kurzbeiträgen ist herausgegeben von D. Ganten, V. Gerhardt, T. C. Heilinger und J. Nida-Rümeling, de Gruyter, Berlin 2008. Erkenntnisse über Parameter der Physik und Kosmologie, die sehr sensitive Voraussetzungen für die Entstehung und Entwicklung von Leben sind, finden sich eindrucksvoll zusammengefasst in einem Beitrag von Günther Hasinger „Kosmologische Evolution“, die in der Schriftenreihe „Debatten“ der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, Heft 8, 2010 erscheint. Voraussichtlicher Titel: „Die Deutungshoheit über die Evolution“ (online unter <http://www.bbaw.de>).

Zum Meinungsspektrum über Folgerungen der mathematisch-logischen Entscheidungstheorie für das menschliche Denken siehe: A. Hodges (2008). In Retrospect: Gödel's proof. Nature 454, 829. Werner Heisenbergs Darlegung seiner pro-religiösen Auffassung steht im Rahmen eines erinnerten Gesprächs mit Wolfgang Pauli auf S. 293 seines Buches „Der Teil und das Ganze“, Piper, München 1969.

MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR WISSENSCHAFTSGESCHICHTE

Max Planck Institute for the History of Science

Preprints since 2008 (a full list can be found at our website)

- 340** Uljana Feest, Giora Hon, Hans-Jörg Rheinberger, Jutta Schickore, Friedrich Steinle (eds.) **Generating Experimental Knowledge**
- 341** Silvio R. Dahmen **Boltzmann and the art of flying**
- 342** Gerhard Herrgott **Wanderer-Fantasien. Franz Liszt und die Figuren des Begehrens**
- 343** Conference **A Cultural History of Heredity IV: Heredity in the Century of the Gene**
- 344** Karine Chemla **Canon and commentary in ancient China: An outlook based on mathematical sources**
- 345** Omar W. Nasim **Observations, Descriptions and Drawings of Nebulae: A Sketch.**
- 346** Julia Kursell (ed.) **Sounds of Science – Schall im Labor (1800–1930)**
- 347** Sophia Vackimes **The Genetically Engineered Body: A Cinematic Context**
- 348** Luigi Guerrini **The ‘Accademia dei Lincei’ and the New World.**
- 349** Jens Høyrup **Über den italienischen Hintergrund der Rechenmeister-Mathematik**
- 350** Christian Joas, Christoph Lehner, and Jürgen Renn (eds.) **HQ-1: Conference on the History of Quantum Physics (Vols. I & II)**
- 351** José M. Pacheco **Does more abstraction imply better understanding?**
("Apuntes de Mecánica Social", by Antonio Portuondo)
- 352** José Miguel Pacheco Castelao, F. Javier Pérez-Fernández, Carlos O. Suárez Alemán **Following the steps of Spanish Mathematical Analysis: From Cauchy to Weierstrass between 1880 and 1914**
- 353** José Miguel Pacheco Castelao, F. Javier Pérez-Fernández, Carlos O. Suárez Alemán **Infinitesimals in Spain: Antonio Portuondo's *Ensayo sobre el Infinito***
- 354** Albert Presas i Puig **Reflections on a peripheral Paperclip Project: A technological innovation system in Spain based on the transfer of German technology**
- 355** Albert Presas i Puig **The Contribution of the History of Science and Social Studies to the Understanding of Scientific Dynamics: the Case of the Spanish Nuclear Energy Program**
- 356** Viola Balz, Alexander v. Schwerin, Heiko Stoff, Bettina Wahrig (eds.) **Precarious Matters / Prekäre Stoffe.** The History of Dangerous and Endangered Substances in the 19th and 20th Centuries
- 357** Florentina Badalanova Geller ***Qur'ān in vernacular.*** Folk Islam in the Balkans
- 358** Renate Wahsner & Horst-Heino v. Borzeszkowski **Die Naturwissenschaft und der philosophische Begriff des Geistes**
- 359** Jens Høyrup **Baroque Mind-set and New Science.** A Dialectic of Seventeenth-Century High Culture
- 360** Dieter Fick & Horst Kant **Walther Bothe's contributions to the particle-wave dualism of light**
- 361** Albert Presas i Puig (ed.) **Who is Making Science? Scientists as Makers of Technical-Scientific Structures and Administrators of Science Policy**
- 362** Christof Windgätter **Zu den Akten – Verlags- und Wissenschaftsstrategien der Wiener Psychoanalyse (1919–1938)**
- 363** Jean Paul Gaudillière and Volker Hess (eds.) **Ways of Regulating: Therapeutic Agents between Plants, Shops and Consulting Rooms**

- 364** Angelo Baracca, Leopoldo Nuti, Jürgen Renn, Reiner Braun, Matteo Gerlini, Marilena Gala, and Albert Presas i Puig (eds.) **Nuclear Proliferation: History and Present Problems**
- 365** Viola van Beek „Man lasse doch diese Dinge selber einmal sprechen“ – Experimentierkästen, Experimentalanleitungen und Erzählungen um 1900
- 366** Julia Kursell (Hrsg.) **Physiologie des Klaviers.** Vorträge und Konzerte zur Wissenschaftsgeschichte der Musik
- 367** Hubert Laitko **Strategen, Organisatoren, Kritiker, Dissidenten – Verhaltensmuster prominenter Naturwissenschaftler der DDR in den 50er und 60er Jahren des 20. Jahrhunderts**
- 368** Renate Wahsner & Horst-Heino v. Borzeszkowski **Naturwissenschaft und Weltbild**
- 369** Dieter Hoffmann, Hölke Rößler, Gerald Reuther „Lachkabinett“ und „großes Fest“ der Physiker. Walter Grotrians „physikalischer Einakter“ zu Max Plancks 80. Geburtstag.
- 370** Shaul Katzir **From academic physics to invention and industry: the course of Hermann Aron's (1845–1913) career**
- 371** Larrie D. Ferreiro **The Aristotelian Heritage in Early Naval Architecture, from the Venetian Arsenal to the French Navy, 1500–1700**
- 372** Christof Windgätter **Ansichtssachen. Zur Typographie- und Farbpolitik des Internationalen Psychoanalytischen Verlages (1919–1938)**
- 373** Martin Thiering **Linguistic Categorization of Topological Spatial Relations.** (TOPOI – Towards a Historical Epistemology of Space)
- 374** Uljana Feest, Hans-Jörg Rheinberger, Günter Abel (eds.) **Epistemic Objects**
- 375** Ludmila Hyman **Vygotsky on Scientific Observation**
- 376** Anna Holterhoff **Naturwissenschaft versus Religion?** Zum Verhältnis von Theologie und Kosmologie im 18. Jahrhundert (TOPOI – Towards a Historical Epistemology of Space)
- 377** Fabian Krämer **The Persistent Image of an Unusual Centaur.** A Biography of Aldrovandi's Two-Legged Centaur Woodcut
- 378** José M. Pacheco **The mathematician Norberto Cuesta Dutari recovered from oblivion**
- 379** Tania Munz **“My Goose Child Martina”.** The Multiple Uses of Geese in Konrad Lorenz's Animal Behavior Studies, 1935–1988
- 380** Sabine Brauckmann, Christina Brandt, Denis Thieffry, Gerd B. Müller (eds.) **Graphing Genes, Cells, and Embryos.** Cultures of Seeing 3D and Beyond
- 381** Donald Salisbury **Translation and Commentary of Leon Rosenfeld's “Zur Quantelung der Wellenfelder”, *Annalen der Physik* 397,113 (1930)**
- 382** Jean-Paul Gaudillière, Daniel Kevles, Hans-Jörg Rheinberger (eds.) **Living Properties: Making Knowledge and Controlling Ownership in the History of Biology**
- 383** Arie Krampf **Translation of central banking to developing countries in the postwar period: The Case of the Bank of Israel**
- 384** Zur Shalev **Christian Pilgrimage and Ritual Measurement in Jerusalem**
- 385** Arne Schirrmacher (ed.) **Communicating Science in 20th Century Europe.** A Survey on Research and Comparative Perspectives
- 386** Thomas Sturm & Uljana Feest (eds.) **What (Good) is Historical Epistemology?**
- 387** Christoph Hoffmann und Lidia Westermann **Gottfried Benns Literaturreferate in der Berliner Klinischen Wochenschrift.** Faksimileabdruck und Einführung