

Sichtbare Wesen, deutbare Zeichen, Mittel der Konstruktion: zur Relevanz der Bilder in der Wissenschaft**

Michael Hampe*

Stichwörter:

Bildgebende Verfahren · Geist neuzeitlicher Wissenschaft · Neuer Essentialismus · Unmittelbarkeit

Naturwissenschaftliche Journale und Vorträge operieren mit immer mehr Bildern. Die Anschaulichkeit eines Forschungsprojektes scheint zu einem eigenen Wert geworden zu sein. Das könnte zwei Gründe haben. Zum einen ist die Autorität sichtbarer Evidenz enorm. Wer etwas selbst gesehen hat, ist *privilegierter Zeuge*. Durch das Vorführen von Bildern aus der Forschung scheinen alle Betrachter einer Abbildung die Autorität im Erkenntnisserwerb zu erreichen, die die Forscher selbst haben: Die Wissenschaftler haben das gesehen, was der Zuschauer jetzt sieht, Erzeuger und Rezipienten der Erkenntnis scheinen gleichermaßen Augenzeugen zu werden. Damit wird anscheinend auch das Gefälle flacher zwischen Personen, die wissenschaftliche Erkenntnisse erzeugen und dem Publikum, das sie rezipiert. Bilder scheinen auf diese Weise zur Aufklärung und Transparenz beizutragen. Zum anderen ist das Bild *unterhaltsam*. Es ist nicht mit schlechten Erinnerungen verknüpft, wie sie eventuell Formeln hervorrufen, die man schon in der Schule nicht verstanden hat. So scheint eine weitere Hürde zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit zu fallen; die Beherrschung höherer

Mathematik als einer Art „Geheimsprache“ scheint nicht mehr nötig, um in die Erkenntnisse der Naturforschung eingeweiht zu werden. Ein Verständnis komplexer Zusammenhänge scheint müheloser möglich. Beide Gründe für den Einsatz und die begeisterte Rezeption von Bildern sind jedoch trügerisch.

Denn der alte Kontrast zwischen der Zahl und dem Bild existiert nicht. Für Platoniker war „das wahre Sein“ die *unsichtbare* Zahl, und das *sichtbare* Bild war bloßer Schein (exemplarisch im „Höhlenkino“ von Platons „Staat“). Die „Eingeweihten“ konnten von den Zahlen und ihren Verhältnissen wissen, die Unwissenden gaben sich dem Schatten-spiel an der Bilderwand hin. Seit Descartes in seiner analytischen Geometrie jeden Punkt im Raum als Zahlentripel und jede Zahl als geometrisch darstellbar aufgefasst hat, sind Bilder und Zahlen ineinander konvertierbar. Rechner sind Bildgeber geworden, deren Bilder nichts als komplexe Zahlenverhältnisse darstellen. Die Rechner machen nur diejenigen Bilder aus ihren Zahlenkolonnen, die sie aufgrund eines vorher erzeugten Programms auch machen *sollen*. Dieses Programm bleibt den Wissenschaftsrezipienten in der Regel verborgen. Oft genug, aufgrund moderner wissenschaftlicher Arbeitsteilung, kennen es auch die Forscher nicht, die die Enter-Taste in den Power-Point-Präsentationen bedienen, weil sie nicht Informatiker und gleichzeitig Strömungsmechaniker oder Physiker, Chemiker oder Neurologen in Personalunion sein können. Dass man Bilder zeigen und anschauen kann, bedeutet also nicht, dass es grundsätzlich möglich

ist, sich das Rechnen zu ersparen. Irgendwer muss immer, auch heute noch, rechnen und tut es in einer bestimmten Weise aufgrund einer in der Regel komplizierten Theorie. Sie bleibt jedoch hinter dem Bild verborgen, das Bild expliziert nicht, aufgrund welcher theoretischer Annahmen es erzeugt wurde. Insofern wähnen sich die Zuschauer eines wissenschaftlichen Vortrags oft zu Unrecht in derselben Situation wie die Wissenschaftler, die die Bilder erzeugt haben oder vorführen. Das ändert nichts daran, dass für die platonische Differenz zwischen dem verborgenen numerischen Sein und dem bildlichen Schein der Dinge kein Platz mehr ist.

Der allgemeinen Präsenz der Bilder in der Öffentlichkeit und der mit dieser Präsenz verbundenen Problematik einer scheinbaren neuen Unmittelbarkeit entspricht eine akademische Entwicklung, die mit dem Schlagwort des „pictorial turn“ gekennzeichnet worden ist. W. T. Mitchell^[1] hat dieses Schlagwort 1992 in die Diskussion gebracht,^[2] und Gottfried Boehm hat 1994 in seinem Artikel „Die Wiederkehr der Bilder“ die Formulierung des „iconic turn“ für diesen Prozess verwendet.^[3] Die Prägnanzen „pictorial turn“ und „iconic turn“ beziehen sich auf den von dem amerikanischen Philosophen Richard Rorty 1967 diagnostizierten „linguistic turn“.^[4] Damit bezog sich Rorty auf die Relevanz, die die Sprachanalyse in der angloamerikanischen Philosophie in der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts gewonnen hatte. Statt unmittelbar über das „Wesen“ der Dinge zu streiten, wurden erst einmal die Bedeutungen der Ausdrücke thematisiert, mit denen

[*] Prof. Dr. M. Hampe
Professur für Philosophie
Zentrum für Geschichte des Wissens
ETH Zürich
Rämistrasse 36, 8092 Zürich (Schweiz)
Fax: (+41) 44-632-1561
E-mail: hampe@phil.gess.ethz.ch

[**] Ich danke Dr. Peter Geimer vom Zentrum für Geschichte des Wissens der ETH Zürich für seine wertvollen Hinweise zum Thema dieses Essays.

ein solcher Streit vielleicht geführt werden kann. In einem „semantischen Aufstieg“ treten hier an die Stelle von Theorien über Dinge Auseinandersetzungen über Bedeutungen von sprachlichen Zeichen. Die angloamerikanische Sprachphilosophie war nicht die einzige philosophische Tradition, die von einer solchen Konzentration auf die Sprache bestimmt war. Auch die von der Heideggerschen Philosophie ausgehenden Richtungen der Hermeneutik^[5] und des Dekonstruktivismus^[6] sahen die Sprache (Gadamer) oder Schrift (Derrida) als den eigentlichen Fokus des menschlichen Seins und des philosophischen Nachdenkens. Diese „Sprachfixiertheit“ stieß nicht überall in der Rezeption der philosophischen Entwicklung auf Gegenliebe. Sie wurde teilweise als eine Entfernung der Philosophie von „der Wirklichkeit“ und als Gipfel der Sinnen- und Realitätsfremdheit philosophischer Untersuchungen überhaupt angesehen. Die Rede von einem „pictorial turn“ konnte so als Hinweis auf eine *Gegenbewegung*, zurück zu den sinnlich gegebenen Wesen und Dingen, gedeutet werden. Freilich sind die Bilder so wenig die Sachen selbst wie ihre sprachlichen Beschreibungen. Gottfried Boehms

Bilder sind so wenig die Sachen selbst wie ihre sprachlichen Beschreibungen.

Hermeneutik der Bilder ist beispielsweise keine Erforschung unmittelbar gegebener Wesenheiten, an die er so wenig wie irgendein anderer Hermeneutiker glaubt. Die Vorstellung, die Wende zu den Bildern sei eine Wende, die die Wende zur Sprache *umkehre* oder *rückgängig* mache, ist eine oberflächliche und falsche Sicht. Vielmehr werden durch sie Bilder *neben* sprachlichen Äußerungen als Medien und Formen der Erkenntnis ernst genommen. Mit Wesenserkenntnis hat das zuerst einmal nichts zu tun. Auch die Bilder in den Naturwissenschaften *vermitteln* etwas und müssen *entschlüsselt* werden; sie zeigen keine Wesenheiten. Was sich durch die Aktualität der Bilder

in den Naturwissenschaften geändert hat, ist die Vorstellung, dass Sprach- und Argumentationsanalyse das Herz der Reflexion über wissenschaftliche Erkenntnis auszumachen habe. Vielmehr hat sich schnell herausgestellt, dass etwa der Begriff der wissenschaftlichen Objektivität nicht nur etwas mit seinen moralischen Ursprüngen (der unvoreingenommenen Beobachtung), sondern auch mit der Geschichte der Verwendung eines Kamera-Objektivs, also dem Einsatz der Photographie in der Forschung, zu tun hat.^[7] Kunsthistoriker wie Bredekamp reklamierten deshalb die bildanalytische Kompetenz ihrer Wissenschaft auch für die Untersuchung naturwissenschaftlicher Bilder.

Dabei scheint nicht immer ganz klar zu sein, dass Naturwissenschaftler in der Regel zwei Arten von Bildern produzieren: Einmal die eindrücklichen für den Publikumsauftritt und für Journale wie *Nature* und dann die für ihre Erkenntnis *nützlichen*.^[8] Die eindrücklichen können sicher mit kunsthistorischen Instrumenten einer Stilanalyse unterzogen werden. Bei den nützlichen müsste jedoch auch ihre Genese, die Theorien und Rechenverfahren, die in ihrem Hintergrund stehen, die sie ermöglichen, mit untersucht werden, was in der kunsthistorischen Analyse wissenschaftlicher Bilder kaum der Fall ist. Allerdings macht auch schon jede Analyse von Bildern als selbstständigen Phänomenen (und nicht als Theoriresultaten) deutlich, dass man es nicht mit kontemplativ einfach hinzunehmenden Essenzen zu tun hat. Dies ist kein Mangel der Bilder in den Naturwissenschaften. Denn vom Wesen der Dinge hatte sich die moderne Naturwissenschaft schon am 1. Dezember 1612 verabschiedet, als Galileo Galilei an Marco Velsari schrieb: „*In das Wesen einzudringen, halte ich ebenso für ein unmögliches Unterfangen wie eine leere Mühe.*“^[9] Seitdem schien der platonische Anspruch auf Wesenserkenntnis zumindest für die Naturwissenschaft

„In das Wesen einzudringen, halte ich ebenso für ein unmögliches Unterfangen wie eine leere Mühe.“

keine Rolle mehr zu spielen. Doch sind die Erfahrungswissenschaften mit der Bilderflut, die sie inzwischen in ihren Journalen und öffentlichen Vorträgen produzieren, nicht immer dieser Bescheidenheit verpflichtet und ganz bei den Phänomenen geblieben. Vielmehr verbindet sich mit dem „iconic turn“ in den Naturwissenschaften mancherorts ein *neuer Essentialismus*. Vor allem in den Biowissenschaften, der Genetik und der Neuroforschung wird entweder wieder explizit davon gesprochen oder zumindest implizit angedeutet, dass eine bestimmte Erkenntnis über das Gehirn oder die „Entschlüsselung“ des menschlichen Genoms eine *Wesenseinsicht* bedeute.

Mit dem „iconic turn“ in den Naturwissenschaften verbindet sich ein neuer Essentialismus.

Dies könnte mit den enormen Kosten der entsprechenden Forschungen zusammenhängen. Je aufwändiger die Mittel für Forschungsprojekte werden, desto problematischer ist es, öffentlich Bescheidenheit im Erkenntnisanspruch zu vertreten. Sollen Gemeinwesen für Einsichten bloß in die Ordnung der Phänomene Milliarden ausgeben? Wer Wesenseinsichten als Forschungsergebnisse verspricht, hat bessere Finanzierungschancen. Skeptiker sind dagegen schlechte Mitteleinwerber.

Wenn man das vermeintliche Wesen des Erkenntnisobjektes dann nicht nur als etwas Verborgenes *behaupten*, sondern auf es *in einem Bild zeigen* kann, um so besser. Vielleicht ist das der Grund, warum vor allem in der Neuroforschung so viele Bilder gezeigt werden, nicht nur von der Stoffwechselaktivität des Gehirns einer gerade musizierenden Person, sondern auch von Computertomographien eines koitierenden Paares. Die Physik, die bildgebende Verfahren wie die Kernspintomographie ermöglicht hat, wurde zu Recht mit Nobelpreisen geehrt. Denn die wissenschaftlichen und diagnostischen Einsichten, die durch diese Methoden zustande kamen, sind kaum zu

überschätzen. Auch weiterhin verspricht man sich von diesen Techniken Erkenntnisfortschritte. So wird beispielsweise die ETH Zürich im nächsten Jahr auf ihrem Standort am Höggerberg ein „Imaging Center“ eröffnen, in dem vor allem mit dem bildgebenden Verfahren der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) präklinische Forschung betrieben werden soll. Dass sich mit diesen Bildern auch Spektakel machen und, wenn angebliche essentialistische Erkenntnisdurchbrüche als ihr Kommentar erscheinen, bestens Wissenschafts- und Biopolitik betreiben lässt, ist eine andere Sache.

Der „neue biologische Essentialismus“ ist kein Ergebnis und kein Ziel, sondern eine *Begleiterscheinung* der bildgebenden Verfahren. Die große Wirkung der Bilder in der Öffentlichkeit mag ihre Vorführer manchmal zu großspurigen Äußerungen verleiten. Der Essentialismus bleibt jedoch mit und ohne Bilder unplausibel. Soll die Natur oder das Wesen des Menschen in seinem Genom oder seinem Hirn liegen und, sofern beides ein Rechner veranschaulicht, sichtbar macht, auf einem Bild an einem bestimmten Ort auch wahrnehmbar sein? Ohne Gen kein Hirn und ohne Hirn kein Denken. Und es ist in der Tat erstaunlich, dass Chromosomen und Nervengewebe heute zu sehen sind, ohne einen Schädel zu öffnen und Gewebe zu beschädigen. Das Denken sieht man jedoch trotzdem nicht und wird es nie sehen. Denn schon in den fünfziger

Das Denken sieht man nicht und wird es nie sehen, weil es keinen Ort hat.

Jahren des vergangenen Jahrhunderts argumentierte der britische Philosoph Gilbert Ryle so: Geigenspielen ohne Zeigefinger ist nicht möglich. Liegt demnach das Wesen und der „eigentliche Ort“ des Geigenspiels im Zeigefinger? Den Zeigefinger kann man sehen, dazu braucht man keinen Computertomographen. Den Ort und das Wesen der Kompetenz des Geigenspiels sieht man jedoch so wenig wie das Denken. Das liegt nicht daran, dass es sich hier um

Esoterika mit verborgenen Essenzen handelte, sondern es verhält sich so, weil es einen Ort und ein Wesen solcher Kompetenzen nicht gibt.^[10] In den Neurowissenschaften wird in diesem Zusammenhang nicht immer vom „Wesen“ gesprochen, sondern auch vom „Fundament“, davon, was einer Oberfläche des Handelns „zugrunde“ liegt, auf was sie „beruht“: nämlich auf einer Hirnaktivität.^[11] Gleichzeitig wird jedoch betont, dass die bildgebenden Verfahren die *Plastizität* und Variabilität des Gehirns zeigten. Wie ist zu entscheiden, ob eine sichtbar zu machende Hirnstruktur die *Grundlage* oder der *Ausdruck* eines Verhaltensmusters ist? Nicht durch das Bild selbst, das darüber keine Auskunft gibt. Denn zur Entscheidung dieser Frage bedarf es aufwändiger Längsschnittstudien über die Hirnentwicklung im Verhältnis zu bestimmten Verhaltensumwelten. Die architektonische Metapher von einem Fundament ist Ausdruck einer bestimmten Wissenschaftsauffassung. Eine Rede wie: „Und hier sehen Sie das Fundament des Musikhörens oder Textverstehens“ als Kommentar zu einem Hirnbild sagt nicht, was man sieht, sondern als Zeichen für was das Gesehene aufgefasst werden soll.

Trotz dieser leicht nachvollziehbaren Einsichten fehlt es nicht an Neurologen, die in Bildern zeigen wollen, wie gerade ein Hirn (?) an eine Mozartsinfonie denkt. Auch gibt es Forscher wie Adolf Heschl vom Konrad Lorenz Institut für Evolutions- und Kognitionsforschung, die meinen, dass das „*gesamte Wissen eines Individuums schon in seinem Genom präexistent sein muss*“,^[12] die also zwischen den *Bedingungen* einer Kompetenz, dem *Ort* ihrer Realisierung und der „Natur“ einer *Fähigkeit* nicht unterscheiden. Einsichten in das menschliche Genom und die Anatomie und Funktion des menschlichen Hirns sowie bildliche Darstellungen derselben sind zweifellos spektakuläre Erfolge der *Kausalanalyse* biologischer Zusammenhänge. Aber sie sind nur das. Sie zeigen notwendige Bedingungen für bestimmte Funktionen und Leistungen, und etwas anderes will Galileische Forschung auch gar nicht ans Licht bringen. Notwendige Bedingungen mit Wesenserkenntnissen zu verwechseln, ist nicht nur ein argumentativer Fehler, sondern, pathetisch

gesprochen, Verrat am Galileischen Geist moderner Wissenschaft, der die Suche nach Essenzen aufgegeben hat. Vielleicht liegt es an den neuen Möglichkeiten bildgebender Verfahren, dass die Veranschaulichung kausaler Komplexität mit der Lokalisierung von Kompetenzen verbunden wird, ein „neuer Essentialismus“ sich mit einem „neuen Lokalisationismus“ verbindet. Vielleicht erzeugt die Evidenz des sichtbaren Ortes bei manchen denjenigen Enthusiasmus, der zu der Behauptung verleitet, hier habe man es mit einer Erkenntnis besonderer Art, eben einer Wesenseinsicht in das Denken, das Bewusstsein oder was auch immer zu tun. Bezogen auf den Menschen ist das besonders problematisch. Denn von dessen Wesen, sei es das eines bestimmten Individuums oder des „Menschen überhaupt“ (wer immer das ist), sprachen nur noch rückwärtsgewandte Anthropologen, Graphologen, Schädelkundler und ähnliche vom Standpunkt moderner empirischer Wissenschaft als Obskuranten einzustufende „Forscher“. Wo sich modernste Technologien mit argumentativ unhaltbaren genetischen oder neurowissenschaftlichen Essentialismen verbinden, mögen mittelfristig Forschungsgelder gesichert und begriffliche Felder „besetzt“ werden. Ein differenziertes Verständnis der menschlichen Situation wird dadurch nicht gefördert.

Um die Betrachtung von Bildern als Anschauung von Wesenheiten zu deuten, muss man sie *phänomenologisch* verstehen, als die Anwesenheit von etwas unmittelbar Gegebenem. Einem phänomenologischen Bildverständnis kann ein *zeichentheoretisches* oder *semiotisches* gegenübergestellt werden, wonach Bilder, wie andere, nicht piktorale Spuren, *Hinweise* auf etwas sind, was im Bild selbst gerade nicht anwesend ist (zu Differenz und Zusammenhang von phänomenologischem und semiotischem Bildverständnis vgl. Boehm in Sachs-Hombach^[13]). Bilder erzeugenden Naturwissenschaftlern ist im Prinzip völlig klar, dass hier Vermittlungsprozesse stattfinden, die auf Messdaten zurückgehen, hinter denen wiederum Theorien der Messung und der Objekte, an denen gemessen wird, stehen. So schreiben beispielsweise Gérard Crelier und Thomas Järnmann über

das Magnetresonanzverfahren: „Die MR-Technik ist ein bildgebendes Verfahren, und entsprechend hoch ist der Stellenwert der Bildaufbereitung. Wie [...] angedeutet, entsteht ein MR-Bild aus einer großen Menge von Messdaten. Es repräsentiert nicht direkt ein Objekt, sondern die vom Objekt abgeleiteten Messwerte. Mit unterschiedlicher Gewichtung der Messdaten kann der Kontrast, die Helligkeit oder die Farbe beeinflusst werden.“^[14] Und der Züricher Chemiker Reinhard Nesper schreibt über anschauliche Modelle und Bilder von Wassermolekülen und Eiskristallen: „Natürlich glaubt kein Chemiker, dass das Wassermolekül bzw. Eis so aussieht, denn die Messungen zeigen: Es gibt keine wirkliche Begrenzung der Moleküle nach außen, wiederum keine voneinander separierbaren Atome in den Molekülen; es gibt keine Eigenfarbe, und die Teilchen sind in ständiger Bewegung – Schwingung, Rotation und Translation.“ Man sieht die Atome und Moleküle nach Nesper „so, wie man hinschaut oder, besser, mit welcher Messmethode man schaut. Jede dieser Messmethoden ist [...] eine indirekte. Letztlich soll die chemische Symbolik also die wesentlichen Ergebnisse solcher Messungen tragen.“^[15] Damit ordnet Nesper die Bilder in der Chemie ganz selbstverständlich den Zeichen zu, sodass die Bilderzeugung und Bilderkennung zu einem semiotischen Prozess wird, der mit Zeugenschaft und Schau von Gegebenem nichts zu tun hat. Jeder Messprozess bezieht sich auf *bestimmte*, *niemals* auf *alle* Charakteristika eines Objekts, er ist ein Vorgang, in dem Komplexität reduziert wird. Messungen unterscheiden sich in dieser Hinsicht nicht von instrumentell unterstützten Wahrnehmungen, in denen ebenfalls Mustererkennungen „verfolgt“, „Bedeutungen extrahiert“ und Komplexitäten zur Etablierung solcher Muster und Bedeutungen in der Wahrnehmung *unterdrückt* werden.^[16] (Diese Feststellung ist elementar und unabhängig von den Komplikationen, in die die Theorie der Messung durch die Quantenmechanik geraten ist.)

In der Chemie besteht dabei eine auffällige Kontinuität von den eindeutig als *Zeichen* erkennbaren zweidimensionalen Darstellungen der Raumstruktur eines Moleküls, etwa eines Benzolrings, und den Bildern, die auf den ersten

Blick nicht einen semiotischen, sondern ikonischen, auf die Ähnlichkeitsrelation zurückgehenden Charakter zu haben scheinen und bei denen gefragt werden kann, wie „realistisch“ sie sind.^[17] Aber auch solche Bilder, die etwa durch Röntgenkristallographie erzeugt werden, gehen auf metrische Relationen zurück. In ihrer Weiterverarbeitung geht es darum, solche Charakteristika eines Objektes zu thematisieren, die in *graduierbaren* Begriffen beschreibbar sind, die also als Zahlen ausgedrückt werden können, etwa für die Abstände der atomaren Bestandteile eines Moleküls. Wenn alle derartigen Bilder in der Wissenschaft auf Messungen zurückgehen, dann beziehen sich auch alle wissenschaftlichen Bilder auf Zahlenverhältnisse; nennen wir diese Bilder *metrische* Bilder. Was an einem Objekt nicht in Zahlenverhältnissen ausdrückbar ist, ist auch nicht in einem solchen metrischen Bild abbildbar. Anders als die Zeichnung, die ein traditioneller Botaniker oder Zoologe von einer Pflanze oder einem Tier anfertigt, die nicht auf bewusste Berechnungen zurückgeht, geht das metrische Bild, das etwa im Magnetresonanzverfahren hervorgebracht wird, auf die messbaren magnetischen Verhältnisse und Effekte im subatomaren Bereich zurück und auf Algorithmen, die diese Verhältnisse und Effekte in ein gepixeltes Bild umrechnen, das letztlich als ein kartesisches Koordinatensystem aufzufassen ist. Noch einmal Nesper zu diesem Thema: „In der Chemie weiß man von vorneherein, dass man grobe Vereinfachungen machen muss und viele potentiell wichtige Aspekte der tatsächlich untersuchten Systeme in den Formulierungen nicht enthalten sein können. Aber auch das kann vorteilhaft sein: Ganz so, wie eine photographische Abbildung in der Regel nicht die starke dreidimensionale Präsenz vieler Gemälde enthalten kann, können zu detaillierte Abbildungen die Vorstellung behindern und zu stark in ungewollte Richtungen kanalisieren.“^[15]

Das metrische Bild erlaubt etwas, was mit dem Bild als qualitativem Phänomen nicht möglich ist: Es kann als *manipulierbares Modell* des gemessenen Objektes verwendet werden, indem man seine metrische Basis, das heißt die Messdaten, auf die es zurückgeht, variiert. Viele Bewegungen im Mikrobe-

reich, etwa bei chemischen Reaktionen, verlaufen in einer solchen Geschwindigkeit, dass die Menge an Messdaten, die pro Zeiteinheit anfällt, kaum handhabbar ist. Dieses Grundproblem moderner Naturwissenschaft, die *Bewältigung der Datenflut*, scheint durch das metrische Bild als Komprimierung und Veranschaulichung von Datenmengen zumindest partiell bewältigbar zu werden. Ein Bild kann manipuliert und in einer Simulation transformiert werden, wenn Algorithmen zur Manipulation großer Messdatenpakete vorliegen. Auf diese Weise können Einsichten in Raumstruktur und Dynamik eines Objektes gewonnen werden, die am Objekt selbst sowieso nicht, aber auch an den Datensätzen ohne Veranschaulichung nicht erzeugbar sind. Das metrische Bild wird so zu einem Instrument der konstruktiven Hypothesenbildung über Objektentwicklungen. Als ein solches Mittel dürfte die Relevanz metrischer Bilder in Erfahrungswissenschaften wie der Chemie auch in Zukunft noch steigen.

Online veröffentlicht am 28. Dezember 2005

- [1] W. T. Mitchell, *Artforum* **1992**, 89–94.
- [2] „Drehmomente – Merkmale und Ansprüche des Iconic Turn“: H. Bredekamp in *Iconic Turn. Die neue Macht der Bilder* (Hrsg.: C. Maar, H. Burda), DuMont, Köln, **2004**.
- [3] „Die Wiederkehr der Bilder“: G. Boehm in *Was ist ein Bild* (Hrsg.: G. Boehm), Wilhelm Fink Verlag, München, **1994**, S. 12.
- [4] *The Linguistic Turn* (Hrsg.: R. Rorty), The Chicago University Press, Chicago, **1967**.
- [5] H. G. Gadamer, *Wahrheit und Methode. Grundzüge einer philosophischen Hermeneutik*, Mohr Siebeck Verlag, Tübingen, **1960**.
- [6] J. Derrida, *De la grammatologie*, Les Éditions de Minuit, Paris, **1967**.
- [7] „Die Kultur der wissenschaftlichen Objektivität“: L. Daston in *Ansichten der Wissenschaftsgeschichte* (Hrsg.: M. Hagner), S. Fischer Verlag, Frankfurt a. M., **2001**, S. 137–160; „Das Bild der Objektivität“: L. Daston, P. Galison in *Ordnungen der Sichtbarkeit. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie* (Hrsg.: P. Geimer), Suhrkamp, Frankfurt a. M., **2002**, S. 29–99.
- [8] J. Elkins, *The Domain of Images*, Cornell University Press, Ithaca, **1999**; P.

- Galison, *Picturing Science, Producing Art*, Routledge, London, **1998**.
- [9] A. Ros, *Begründung und Begriff. Wandlungen des Verständnisses begrifflicher Argumentation*, Felix Meiner Verlag, Hamburg, **1990**, S. 8.
- [10] „The World of Science and the Everyday World“: G. Ryle in *Dilemmas* (Hrsg.: G. Ryle), Cambridge University Press, London, **1954**, S. 68–81.
- [11] W. Singer, *Ein neues Menschenbild? Gespräche über Hirnforschung*, Suhrkamp, Frankfurt a. M., **2003**, S. 11 und S. 97–109.
- [12] A. Heschl, *The Intelligent Genome*, Springer, Berlin, **2002**, S. 17.
- [13] „Das Bild in der Kunstwissenschaft“: G. Boehm in *Wege zur Bildwissenschaft* (Hrsg.: K. Sachs-Hombach), Herbert von Halem Verlag, Köln, **2004**, S. 11–21.
- [14] „Abbildung von Wahrnehmung und Denken. Die funktionelle Magnetresonanztomographie-Bildgebung in der Hirnforschung“: G. Crelier, T. Järnmann in *Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten* (Hrsg.: B. Heintz, J. Huber), Springer, Wien, **2001**, S. 107.
- [15] „Die chemische Symbolik“: R. Nesper in *Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten* (Hrsg.: B. Heintz, J. Huber), Springer, Wien, **2001**, S. 174.
- [16] J. J. Gibson, *The Ecological Approach to Visual Perception*, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, **1976**; E. H. Gombrich, *Art and Illusion. A Study in the Psychology of Pictorial Representation*, Princeton University Press, London, **1976**; M. Kemp, *Visualizations. The Nature Book of Art and Science*, Oxford University Press, Oxford, **2000**, S. 2 und S. 129; U. Neisser, *Cognition and Reality*, W. H. Freeman, San Francisco, **1976**, Kap. II.
- [17] R. Hoffmann, P. Laszlo, *Angew. Chem.* **1991**, 103, 1–16; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1991**, 30, 1–16.

Chemie

rund um die Uhr

Das Buch zum Jahr der Chemie

Das offizielle Buch der Gesellschaft Deutscher Chemiker und des BMBF ist ein wahrer Lesespaß und Augenschmaus.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Wiley-VCH, Kundenservice
Postfach 10 11 61, 69451 Weinheim
Tel.: +49 (0) 6201 606-400, Fax: +49 (0) 6201 606-184
E-Mail: service@wiley-vch.de, www.wiley-vch.de



Mädelfessel-Herrmann, K. /
Hammar, F. /
Quadbeck-Seeger, H.-J.
Herausgegeben von der
Gesellschaft Deutscher
Chemiker
2004. X, 244 Seiten, mehr
als 300 Abbildungen kom-
plett in Farbe. Gebunden.
€ 19,90 / sFr 32,-
ISBN 3-527-30970-5



WILEY-VCH

15793411_gu