

erschienen in: Bild und Gestalt (F. Stahnisch/H. Bauer, Hrsg.), Hamburg: LIT 2007, S. 161 - 178.

## Abbildung, Verbildlichung und Veranschaulichung: Zu Grundfunktionen des Bildes in den Wissenschaften.

Rudolf Kötter, Erlangen

### 1 Einleitung

Als Wissenschaftstheoretiker ist man gewohnt, Wissenschaft als Ergebnis einer begrifflichen Anstrengung zu sehen, durch die der Strom der Erfahrungen und Ideen methodologisch kanalisiert und zu neuen Erkenntnissen geleitet wird. Diese Perspektive zentriert den Blick auf die sprachlichen Formen der Wissenschaften, also z. B. auf ihren terminologischen Aufbau, ihre Theoriestructuren und Geltungsansprüche. Die nicht-sprachlichen Elemente der Wissenschaften werden meist nur insoweit beachtet, als sie in Form von Beobachtungen und Experimenten eine Rolle bei der Bestätigung oder Widerlegung empirischer Behauptungen spielen.

Dass Bilder und figürliche Darstellungen so lange Zeit aus der wissenschaftstheoretischen Analyse ausgeklammert und bestenfalls unter didaktischen oder ästhetischen Gesichtspunkten thematisiert worden sind, muss wenigstens aus zwei Gründen verwundern. Zum einen gilt in einer ganzen Reihe von Disziplinen die Verfertigung bildlicher Darstellungen als hohes und anerkanntes Ziel wissenschaftlicher Arbeit;<sup>1</sup> so werden in der Anatomie immer noch anatomische Atlanten erstellt, in der Morphologie Baupläne von Lebewesen und deren Organen und in den Geowissenschaften geografische und geologische Karten. Solche Leistungen werden von der Wissenschaftstheorie bis heute hartnäckig ignoriert. Zum anderen zeigt schon ein flüchtiger Blick in die Wissenschaftsgeschichte, dass die Arbeit am Bild, sei es als Konstruktion oder als Wiedergabe, wesentliches Mittel zur Verfolgung wissenschaftlicher Ziele war und ist.

Lässt man die Geschichte der *Wissenschaften im engeren Sinne* mit der Geometrie beginnen, dann liegt es auf der Hand, dass am Anfang der Wissenschaft die Aufgabe der Erzeugung von Figuren nach festen Konstruktionsregeln stand. Diese Verfahren wurden noch in der Antike in die geometrische Optik und die Technik übertragen; und in den Ingenieurwissenschaften ist die Erstellung von Konstruktionsplänen bis heute ein wesentliches Element geblieben, das durch nichts ersetzt werden kann. In der Renaissance bekamen dann Bilder außerhalb des konstruktiven Bereichs weitere Aufgaben zugewiesen, z. B. empirische Befunde zu dokumentieren und zu vermitteln; und bei Descartes begegnen wir dem Bild als dem Vermittler von Vorstellungen, die eigentlich sinnlich nicht zu erfassen sind - so z. B. bei den Darstellungen zu seiner kosmologischen Wirbeltheorie<sup>2</sup>. Kurz: Bilder erfüllten in den Wissenschaften offensichtlich schon immer Aufgaben, die in rein sprachlicher Form nicht oder zumindest nicht ohne weiteres bewältigt werden können.

Es ist deshalb zu begrüßen, wenn in den letzten Jahren der Frage nach der Rolle bildlicher Darstellungen in den Wissenschaften erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt worden

---

<sup>1</sup> Das gilt insbesondere in den sog. „deskriptiven Wissenschaften“, also in Teilen der Biologie, der Medizin, der Geografie und Geologie.

<sup>2</sup> Brian S. Baigrie: Descartes's Scientific Illustrations and 'la grande mécanique de la nature'. In: Brian S. Baigrie (ed.): Picturing Knowledge. Historical and Philosophical Problems Concerning the Use of Art in Science. Toronto: Univ. of Toronto Pr. 1996, S. 86 - 134.

ist.<sup>3</sup> Dabei hat sich gezeigt, dass Bilder eine Fülle von Vorstellungen transportieren und aufnehmen können, die zum Teil weit außerhalb des Bereichs liegen, in dem das Bild selbst angesiedelt ist. Das reicht vom „memento mori“, welches in alten anatomischen Darstellungen vom Illustrator durchaus gewollt mit zum Ausdruck gebracht wurde<sup>4</sup>, bis zu einer Ästhetisierung der Bilder durch den Betrachter, bei der Grund und Aufgabe der Darstellung kaum mehr eine Rolle spielen; etwa wenn ältere botanische oder zoologische Tafelwerke nur noch als Kunstwerke betrachtet werden.<sup>5</sup>

Die Erfahrung, dass Bilder viel leichter als das geschriebene oder gesprochene Wort aus dem Kontext gelöst werden können, in den sie von ihren Schöpfern gestellt wurden, hat Gottfried Böhm zu der These veranlasst, dass visuelle Darstellungsformen Sinn genuin mit bildnerischen Mitteln und in kategorialer Trennung von Sprache erzeugen könnten.<sup>6</sup> Dies klingt zunächst plausibel und der vorliegende Band enthält manchen stützenden Beleg. Mir geht es im Folgenden allerdings nicht so sehr um die Frage, ob Bilder in den Wissenschaften einen über ihren (sprachlich verfassten) Kontext hinaus gehenden Sinn erhalten *können*, sondern welchen Sinn sie in dem Kontext, in dem sie ausgebracht sind, haben *sollen*. Dazu werde ich ausführlich auf zwei Formen von bildlichen Darstellungen im Rahmen wissenschaftlicher Argumentationen eingehen, nämlich auf *Abbildungen* und *Verbildlichungen*, da diese für die im Zentrum dieses Bandes stehenden Lebenswissenschaften von besonderer Bedeutung sind. Die *Veranschaulichung* als das dritte, für die Wissenschaften im allgemeinen bedeutsame Visualisierungskonzept, soll zum Schluss wenigstens kurz erläutert werden.

## 2 Abbildungen

### 2.1 Bild und Abbild

Im Gegensatz zur Kunsttheorie oder Kunstgeschichte wird dort, wo über die Aufgabe und Wirkung von Bildern in den *Wissenschaften* gesprochen wird, die Frage, was

---

<sup>3</sup> Zu nennen sind hier z. B. Brian S. Baigrie (Hg.): *Picturing Knowledge. Historical and Philosophical Problems Concerning the Use of Art in Science*. Toronto: Univ. of Toronto Pr. 1996; Olaf Breidbach: *Bilder des Wissens. Zur Kulturgeschichte der wissenschaftlichen Wahrnehmung*. München: Fink 2005; Peter Geimer (Hg.): *Ordnungen der Sichtbarkeit. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie*. Frankfurt/M.: Suhrkamp 2002; Ernst Gombrich: *Das forschende Auge. Kunstbetrachtung und Naturwahrnehmung*. Frankfurt/M. 1994; Martin Kemp: *Bilderwissen. Die Anschaulichkeit naturwissenschaftlicher Phänomene*, Köln: DuMont 2002; Michael Lynch und Steve Woolgar (Hg.): *Representation in Scientific Practice*. Cambridge/Mass.: MIT Press 1990; L. Maffei und A. Fiorentini: *Das Bild im Kopf. Von der optischen Wahrnehmung zum Kunstwerk*. Basel 1997; Christa Maar und Hubert Burda (Hg.): *Iconic Turn. Die neue Macht der Bilder*. Köln: DuMont 2004; Klaus Sachs-Hombach: *Das Bild als kommunikatives Medium. Elemente einer allgemeinen Bildwissenschaft*. Köln: Halem 2003.

<sup>4</sup> Berühmt geworden sind in dieser Hinsicht die Darstellungen, die der Anatom Govard Bidloo (1649 - 1713) zusammen mit dem Zeichner Gérard de Lairesse (1640 - 1711) in ihr *Ontleding des menschelyken lichaams. Amsterdam: 1690* aufgenommen haben; zur Geschichte dieser Zusammenhänge vgl. Pamela H. Smith: *Art, Science, and Visual Culture in Early Modern Europe*. In: *ISIS* 97 (2006), S. 83 - 100.

<sup>5</sup> Randolf Menzel: *Schönheit in einer Bilder-Wissenschaft*. In: *Gegenworte* 9 (2002), S. 31 - 35.

<sup>6</sup> Gottfried Böhm: *Jenseits der Sprache? Anmerkungen zur Logik der Bilder*. In: Christa Maar und Hubert Burda (Hg.): *Iconic Turn. Die Neue Macht der Bilder*. Köln: DuMont 2004, S. 28-43.

überhaupt ein „Bild“ sei, als relativ unproblematisch betrachtet und nicht weiter diskutiert.<sup>7</sup> Im geläufigen Verständnis wird davon ausgegangen, dass Bilder visuelle Repräsentationen (von was auch immer) seien.<sup>8</sup>

Damit wird die Diskussion jedoch nur von der konkret-anschaulichen Ebene auf die abstrakt-philosophische Ebene verschoben, was nach dem Satz von der Erhaltung der Schwierigkeit eigentlich keinen Gewinn verspricht, bedenkt man allein den Reichtum an unterschiedlichen Repräsentationstheorien in Erkenntnistheorie und Sprachphilosophie. Allerdings hat Hans Jörg Sandkühler in einem großen Überblicksaufsatz zum Thema „Repräsentation“ gezeigt, dass allen Repräsentationsbegriffen, gleichgültig ob sie nun mehr wahrnehmungstheoretisch oder mehr zeichentheoretisch geprägt sind, wenigstens *ein* Element gemeinsam ist: Repräsentation *macht* etwas präsent, das abwesend ist bzw. *so* nicht existiert.<sup>9</sup>

Unter Nutzung dieser begrifflichen Vorgabe kann man feststellen, dass im Kontext der Natur-, insbesondere der Biowissenschaften dieses „Abwesende“ in der Regel als ein „realer Sachverhalt“ aufgefasst wird, d. h. das Bild soll ein Stück Realität repräsentieren und wird damit im wesentlichen mit „Abbild“ gleich gesetzt. Damit wird auch der Anschluss an die bei Naturwissenschaftlern recht beliebte epistemologische Abbildungstheorie erreicht: So wie in deren Rahmen Sätze als „wahr“ gelten dürfen, wenn sie beschreiben, was wirklich der Fall ist, so können Bilder als „wahr“ gelten, wenn sie einen Sachverhalt realitätsgetreu repräsentieren. In diesem Sinne spricht Laura Perini davon „that figures could be genuine components of arguments, because they have the capacity to bear truth.“<sup>10</sup> Auch Klaus Sachs-Hombach setzt mit der Explikation seines Bildbegriffs, der schließlich eine ganze „Bildwissenschaft“ tragen soll, im ersten Schritt bei einer Gleichsetzung von Bild und Abbild an:

„Bilder in diesem engeren Sinn lassen sich als in der Regel flächige und klar begrenzte Gegenstände charakterisieren, die innerhalb eines kommunikativen Aktes zur visuellen Veranschaulichung eines Sachverhaltes dienen“.<sup>11</sup>

---

<sup>7</sup> Einen Überblick zu kunsttheoretischen Reflexionen bieten Gottfried Böhm (Hg.): Was ist ein Bild? München: Fink 1994 und Oliver R. Scholz: Artikel „Bild“. In: K. Barck u. a. (Hg.): Ästhetische Grundbegriffe. Historisches Handwörterbuch, Bd. 1. Stuttgart: Frommann u. Holzboog 2000, S. 618 - 669.

<sup>8</sup> So z. B. bei Ernst Gombrich: Das forschende Auge. Kunstbetrachtung und Naturwahrnehmung. Frankfurt/M. 1994; Martin Kemp: Bilderwissen. Die Anschaulichkeit naturwissenschaftlicher Phänomene, Köln: DuMont 2002 oder L. Maffei und A. Fiorentini: Das Bild im Kopf. Von der optischen Wahrnehmung zum Kunstwerk. Basel 1997. Besonders deutlich in dieser Hinsicht der Aufsatz von Peter Geimer „Was ist kein Bild?“, in dem ein repräsentationales Bildverständnis als so selbstverständlich angenommen wird, dass es keiner näheren Erörterung unterzogen wird, Peter Geimer: Was ist kein Bild? Zur „Störung der Verweisung“. In: Ders. (Hg.): Ordnungen der Sichtbarkeit. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie. Frankfurt/M.: Suhrkamp 2002, S. 313 - 341.

<sup>9</sup> Hans Jörg Sandkühler: Repräsentation - Die Fragwürdigkeit unserer Bilder von der Welt der Dinge. In: S. Freudenberger und H. J. Sandkühler (Hg.): Repräsentation, Krise der Repräsentation, Paradigmenwechsel. Ein Forschungsprogramm in Philosophie und Wissenschaften. Frankfurt/M.: Lang 2003, S. 47 - 70, hier S. 49.

<sup>10</sup> Laura Perini: The Truth in Pictures. In: Philosophy of Science 72 (2005), S. 262 - 285, hier S. 283.

<sup>11</sup> Klaus Sachs-Hombach: Bildbegriff und Bildwissenschaft. In: kunst-gestaltung-design 8 (2002), S. 6 - 26, hier S. 16; ders.: Das Bild als kommunikatives Medium. Elemente einer allgemeinen Bildwissenschaft. Köln: Halem 2003, Kap. I.3.1.

Geht man allerdings näher auf die Frage ein, was z. B. genau der morphologische Bauplan von einer bestimmten Rosenblüte „repräsentieren“ bzw. die geologische Karte einer Region von den dortigen geologischen Verhältnissen „abbilden“ muss, damit die Darstellungen als „wahr“ gelten können, dann wird man feststellen, dass die Frage nach der „Richtigkeit“ solcher Bilder sich nur mit Rekurs auf die theoretischen Kontexte beantworten lässt, mit denen sie verbunden sind. D.h. um solche Bilder verstehen zu können, genügt es nicht, sie mit der sog. „Wirklichkeit“ zu vergleichen, man muss vielmehr den *Text* verstanden haben, dem diese Bilder zugeordnet sind. Die Vorstellung, man könne auf einem Bild das abgebildete Objekt in einem schlichten Sinne „sehen“, ist naiv. Zwar kann man sich zu einem Bild als einem *materiellen Objekt* in wahrnehmungstheoretischer Hinsicht so verhalten wie zu dem abgebildeten Objekt; aber man kann ein Objekt nicht in *gleicher Weise* sehen wie seine Abbildung. Um ein Bild als Abbild eines Objekts wahrnehmen zu können, bedarf es einer eigenen Erkenntnisleistung und eines spezifischen Vorwissens. Deshalb kann man die These von Bildern als Träger eines selbständigen, nicht abgeleiteten Wahrheitsbegriffs jedenfalls im Kontext der Wissenschaften nicht so ohne weiteres aufrechterhalten.

Aus den gleichen Gründen sind auch Begriffsbildungen wie „Bilderwissen“ (M. Kemp) oder „Bilder des Wissens“ (O. Breidbach) als nicht sonderlich geglückt anzusehen, verdunkeln sie doch eher die zu klärenden Zusammenhänge und locken damit den Leser auf falsche Fährten. Wer ein Bild im Kopf hat, „weiß“ damit noch gar nichts. Wissen ist immer sprachlich verfasst und umfasst Behauptungen, die methodisch eingelöst bzw. kritisiert werden können. In diesem Sinne kann man etwas über ein Bild als *Objektwissen* oder über die *Bedeutung* des im Bild Dargestellten; und man kann schließlich etwas über die unterstützende *Funktion* von Bildern bei der Verteidigung von Geltungsansprüchen wissen. Aber diese höchst unterschiedlichen Bedeutungen sollte man nicht in einem Wort zusammenziehen.

Um sich aus dem Geflecht der erkenntnis- und wahrnehmungstheoretischen Überlegungen zu befreien, empfiehlt es sich, eine pragmatische Perspektive einzunehmen und zunächst danach zu fragen, welche Aufgaben oder Funktionen ein Objekt, *das gemeinhin als „Bild“ bezeichnet wird*, in einem bestimmten Kontext übernehmen soll und wie diese erfüllt werden können. In der Erörterung dieser Fragen mögen sich dann Probleme stellen, die u. U. einer erkenntnis- oder wahrnehmungstheoretischen Untersuchung bedürfen, allerdings ist dann auch die Fragestellung deutlicher und damit auch die Erwartung an mögliche Antworten.<sup>12</sup>

Unter einer solchen pragmatischen Perspektive schlage ich vor, ein *Bild* zu bestimmen als

- (1) ein Objekt mit plan gestalteter Oberfläche, das
- (2) mit bloßem Auge zu erkennen ist,
- (3) dessen Gestaltung Ergebnis absichtsvoller menschlicher Tätigkeit ist, welche sich unterschiedlicher Mittel bedienen kann und
- (4) dem vom Betrachter eine Bedeutung zugesprochen werden kann.

Die Punkte (1) und (2) müssen einem Objekt zukommen, damit die materielle Basis gegeben ist, um etwas überhaupt als Kandidaten für eine Bild-Prädikation ansprechen zu können, mit den Punkten (3) und (4), in denen von Absicht, Handlung und Interpretation die Rede ist, werden die pragmatischen Funktionen eines Bildes erfasst.

---

<sup>12</sup> Wenn hier von „pragmatisch“ gesprochen wird, dann wird damit keine Position im Rahmen einer semiotischen Bildtheorie bezogen. Im wissenschaftlichen Kontext haben Bilder eben bestimmte Aufgaben; und diese sollen unter dem Begriff „pragmatisch“ benannt und analysiert werden.

Wie jede begriffliche Unterscheidung, so muss auch dieser Vorschlag zweierlei leisten: Zum einen muss er scharfe Trennungen zulassen und zum anderen muss er sich als anschlussfähig erweisen, d.h. es muss Gegenstände geben, die sich sowohl nach dem hier gemachten Vorschlag wie auch nach dem alltäglichen Sprachgebrauch als „Bild“ präzisieren lassen. So sind Bilder in diesem Sinne z. B. geometrische Konstruktionen, Konstruktionspläne, anatomische Zeichnungen, Fotografien und sog. „Computerbilder“ (da diese Bilder ja schließlich von einem Programm erzeugt werden und die Art und Weise der Bildverfertigung für die Frage, was ein „Bild“ ist, nicht entscheidend sein soll); ebenso gehören Gemälde, Zeichnungen, Drucke usw. aus dem Bereich der Kunst hierher, nicht zuletzt aber auch geschriebene oder gedruckte Texte, die man hinsichtlich Schriftbild bzw. grafischer Gestaltung betrachten kann. *Keine* Bilder sind zweidimensionale Muster, die auf „natürliche“ Weise erzeugt wurden, d.h. durch von Menschen nicht oder nicht direkt beeinflusste Naturprozesse.<sup>13</sup>

Der entscheidende Unterschied zwischen wissenschaftlichen Bildern und solchen aus dem Bereich der Kunst liegt nun weniger in den Darstellungsmitteln und -formen, die dem Bild zugrunde gelegt sind, als vielmehr in den *Absichten*, die mit dem Bild verfolgt werden und in der Art und Weise, ob bzw. wie diese Absichten beim Betrachter *aufgenommen* werden. Beim Kunstwerk hat der Betrachter immer die Freiheit der Interpretation, d.h. die Vorstellungen, die er mit dem Bild verbindet, können ganz andere sein, als die, die der Künstler bei der Verfertigung des Kunstwerks selbst besaß. Diese Freiheit in der Interpretation des Kunstwerks, ja seine immer währende Interpretations*bedürftigkeit* gilt oft als wesentliches Merkmal für Kunst schlechthin. Beim Bild in den Wissenschaften ist diese Interpretationsfreiheit dagegen extrem eingeschränkt. D.h. der Betrachter ist für ein richtiges Verständnis eines Bildes daran gebunden, was dessen Produzent damit darstellen und zum Ausdruck bringen wollte. Die Interpretation eines wissenschaftlichen Bildes kann sich also nur um die Frage drehen, ob im Bild die dahinter liegende Absicht auch richtig umgesetzt worden ist, d.h. ob das Bild tatsächlich das zeigt, was es zeigen *soll*.

Was soll im Falle einer „Abbildung“ das Bild nun aber anderes zeigen als eine getreue Wiedergabe der Wirklichkeit? Der Weg zu einer befriedigenden Antwort verläuft über den Aufweis der Funktionen, die eine Abbildung im wissenschaftlichen Kontext hat. Abbildungen finden sich vor allem im Bereich der deskriptiven Wissenschaften, genauer im *deskriptiven Teil* empirischer Wissenschaften. Ziel solcher wissenschaftlichen Deskription ist es nun *nicht*, einzelne Objekte in möglichst vollständiger Weise zu beschreiben und damit in ihrer Individualität zu erfassen. Vielmehr sollen sie durch bestimmte Merkmale charakterisiert werden, die dann durch räumliche, zeitliche oder funktionale Relationen miteinander verbunden werden. Dadurch wird das einzelne Objekt beschrieben *als Element einer Klasse*, wobei die Merkmale und Relationen mit den jeweiligen Fachtermini bezeichnet werden. Was als ein Merkmal in eine Beschreibung

---

<sup>13</sup> Hierzu gehören z. B. manche Formen des „action painting“, bei dem es darauf ankommt, dass sich der schöpferische Akt absichtslos und gewissermaßen unbewusst vollzieht. Die Unterscheidungsleistung des hier verwendeten Bildbegriffs sei noch an einem Beispiel erläutert. In der frühen Zeit der Kernphysik hat man eine so genannte „Nebelkammer“ verwendet, um die Bewegungen von geladenen atomaren Teilchen sichtbar zu machen. Wenn ein geladenes Teilchen das Gas durchquerte, ionisierte es einzelne Atome des Gases, wodurch auf dem Weg der Ladung durch die Nebelkammer sichtbare Kondensationsstreifen entstanden, die mit einer geeigneten Kamera fotografiert werden konnten. Solche Fotos stellen *Bilder* dar, sie sind absichtsvoll hergestellt worden und konnten insbesondere auch missglücken. Fotoplatten wurden aber auch als Detektoren eingesetzt, z.B. bei Massenspektrographen der ersten Generation. Dabei wurden dann nicht Spuren eines atomaren Geschehens *abgebildet*, vielmehr wurde die Fotoplatten selbst zum Ort des Geschehens; was man auf einer derartigen Fotoplatte sieht, ist denn auch kein Bild der Spur, sondern die Spur selbst.

aufgenommen werden kann und in welche Beziehungen die Merkmale zueinander gesetzt werden können, ergibt sich aus dem *Forschungsprogramm* dieser Disziplin. Dieses bestimmt also, was in dieser Disziplin überhaupt *beschreibungsfähig* ist.

Jede empirische Disziplin umfasst in ihrem Forschungsprogramm deskriptive wie explanatorische Aufgabenstellungen. Mit den zulässigen Beschreibungsmitteln soll eine strukturierte Beschreibung des empirischen Materials vorgenommen werden; und nur, was in einer Disziplin beschreibungsfähig ist, kann in ihr auch *erklärungsfähig* sein. Ohne hier das Verhältnis von beschreibenden und erklärenden Teilen in den Forschungsprogrammen der einzelnen empirischen Disziplinen näher zu erläutern<sup>14</sup>, wollen wir zwei, für unser Thema wichtige Punkte festhalten: zum einen, dass die Beschreibungsfähigkeit eines empirischen Objekts nicht durch die „Wirklichkeit“, sondern durch das Forschungsprogramm einer Disziplin festgelegt ist; zum anderen, dass wissenschaftliche Beschreibungen zunächst immer *abstrakte* Beschreibungen sind. Wie wir gesehen haben, heißt letzteres, dass sie nicht möglichst viele Merkmale erfassen sollen, sondern lediglich *relevante* Merkmale und deren Ausprägungen. Damit stellen sie einen *Typus*, einen idealen Ablauf oder, wie man manchmal auch sagt, ein *Modell* dar. An dieser Stelle wird auch der wichtige Unterschied zwischen Vereinfachung und Abstraktion deutlich: Bei einer *Vereinfachung* müssen die Beschreibungsmerkmale angegeben werden, die *weggelassen* bzw. durch ähnliche, aber einfachere ersetzt werden; bei der *Abstraktion* müssen die Beschreibungsmerkmale explizit benannt, also *hervorgehoben* werden, die in die abstrakte Beschreibung aufgenommen werden. Der konkrete und individuelle Fall wird bei der abstrakten Beschreibung im Wege mehr oder weniger komplizierter Verfahren als *Belegung* ausgewiesen.

Ein Bild ist im wissenschaftlichen Kontext dann ein *Abbild*, wenn in die *Bildbeschreibung* Merkmale eingehen, die in der Beschreibung des Objekts ebenfalls enthalten sind und wenn diese Merkmale im einen wie im anderen Fall visuell wahrgenommen werden können. Bei der wissenschaftlichen Deskription können Abbildungen in diesem Sinne zwei unterschiedliche Funktionen haben: entweder sie *unterstützen* die Beschreibungen oder sie *dokumentieren* die in den Beschreibungen zum Ausdruck gebrachten Sachverhalte.

## 2.2 Illustrative Abbildungen

Abbildungen, welche die *Vorstellungskraft* des Lesers einer wissenschaftlichen Beschreibung unterstützen sollen, wollen wir *illustrative Abbildungen* oder kurz *Illustrationen*<sup>15</sup> nennen; sie spielen bei allen abstrakten oder komplizierten Beschreibungen eine Rolle, vor allem in der Biologie und der Medizin. Die Beschreibung eines Bauplans von Lebewesen, ihrer Organe, deren Lage und Verbindung zueinander sowie ihres zellulären Aufbaus kann manchmal so kompliziert sein, dass es für den Leser schwer wird, sich eine Vorstellung von der räumlichen Anordnung der einzelnen Beschreibungsmerkmale zu machen; dies in besonderem Maße, wenn es um vergleichende Untersuchungen geht

---

<sup>14</sup> vgl. Rudolf Kötter und Rüdiger Inhetveen: Beschreibungen in Kultur- und Naturwissenschaften. Zur Einführung. In: Dies. (Hg.): Betrachten - Beobachten - Beschreiben. Beschreibungen in Kultur- und Naturwissenschaften. München: Fink 1996, S. 7 - 14.

<sup>15</sup> Das Wort „illustrieren“ hat heute meist die blasse Bedeutung von „mit Bildern versehen“. Bis in das 19. Jh. war damit aber vor allem gemeint „unter Zuhilfenahme von Bildern erläutern“. An diese ältere Verwendungsweise soll hier wieder angeknüpft werden, vgl. Eintrag „illustrieren“. In: Kluge. Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache, 24. Aufl. (bearbeitet von Elmar Seebold). Berlin: deGruyter 2002.

(z. B. im Rahmen der Systematik oder der Entwicklungsbiologie). Die entsprechende Abbildung gibt dann die *räumliche Ordnung* der Merkmale wieder, wobei die Darstellung der räumlichen Ordnung unterschiedlichen Anforderungen genügen muss. Manchmal mag es genügen, wenn die Abbildung die beschriebenen *topologischen* Beziehungen wiedergibt, manchmal müssen außerdem *Formen* wiedergegeben werden und manchmal sogar deren *metrische* Verhältnisse (so bei einer maßstabsgetreuen Abbildung). Neben den räumlichen Beziehungen können die Merkmale noch andere visuelle Ausprägungen besitzen (Gestalt, Farbe), deren Beschreibung sich gut durch eine Abbildung ergänzen lässt, so dass das Vorstellungsvermögen des Lesers der Beschreibung in die gewünschte Richtung geleitet wird.

Indem Abbildungen die Vorstellungskraft des Lesers einer Beschreibung stützen, bereiten sie diesen zugleich auf die *Begegnung mit konkreten Objekten* vor bzw. stärken oder korrigieren die Erinnerung an solche Objekte, was in den empirischen Wissenschaften eine eminent wichtige Aufgabe ist. Dieser Funktion dienen z. B. die Abbildungen in einem anatomischen Atlas, in einem Lehrbuch der Chirurgie oder in einem Werk zur zoologischen oder botanischen Systematik. Hier geht es darum, dass sich der Betrachter die *relevanten Merkmale in ihrer Gestalt und räumlichen Anordnung einprägen kann, ohne sie am konkreten Objekt erfahren zu haben*, und zwar so, dass er sie am konkreten Objekt durch Vergleich mit der Abbildung wieder identifizieren kann. Der Gedanke, dass Illustrationen im Kontext wissenschaftlicher Abhandlungen eine unterstützende Funktion einnehmen sollen, ist nicht neu, auch wenn er immer wieder in Vergessenheit zu geraten scheint. So hat der Botaniker Ludolf Treviranus (1779 - 1864) schon vor 150 Jahren geschrieben:

„Merkmale, welche nach einer Beschreibung die Einbildungskraft mühsam zu einander fügen muss und nicht immer dem Gegenstand entsprechend zusammen vereinigt, stellt das Bild in Einem Momente dar, wodurch eine Vergleichung von Formen, welche jene nur unvollkommen und träge reproducirt, mit grösster Leichtigkeit möglich wird.“<sup>16</sup>

Jede wissenschaftliche Illustration *folgt* in ihrem Darstellungsgehalt immer bestimmten abstrakten Beschreibungen. Sie hat damit gerade *keinen* eigenständigen Anspruch auf „Richtigkeit“, sondern zeigt nur das, was *textlich* schon beschrieben ist. In der Illustration wird manches unterdrückt, was man zwar an einem passenden konkreten Objekt sehen könnte, was aber in wissenschaftlicher Hinsicht, also z. B. unter Gesichtspunkten der biologischen Systematik unwichtig ist. Auf der anderen Seite werden solche Merkmale hervorgehoben, die im deskriptiven Kontext von Bedeutung sind, selbst wenn sie sich so, d.h. alle zugleich und in den abgebildeten Ausprägungen nie an einem Individuum würden aufweisen lassen. Illustrationen weisen also im theoretischen Bereich über diesen hinaus in den *praktischen Bereich*, indem sie Orientierungen für das wissenschaftliche Handeln des systematischen Bestimmens, Ansprechens, Diagnostizierens usw. geben. Abbildungen, deren textlichen Kontext man nicht kennt oder rekonstruieren kann, lassen sich streng genommen wissenschaftlich nicht „verstehen“, da man nicht oder nicht genau weiß, was sie bedeuten sollen, auch wenn noch so viele Einzelheiten auf dem Bild

<sup>16</sup> Ludolf C. Treviranus: Die Anwendung des Holzschnittes zur bildlichen Darstellung von Pflanzen nach Entstehung, Blüthe, Verfall und Restauration. Leipzig: Weigel 1855, S. 1. Lorraine Daston und Peter Galison haben eindrucksvoll gezeigt, dass sich die Verfasser der großen, richtungsweisenden Atlas-Werke aus Medizin und Biologie vom 17. bis ins 19. Jahrhundert der *illustrativen Aufgabe* ihrer Arbeit stets bewusst waren und sie dies auch explizit ausgesprochen haben, Lorraine Daston und Peter Galison: Das Bild der Objektivität. In: Peter Geimer (Hg.): Ordnungen der Sichtbarkeit. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie. Frankfurt/M.: Suhrkamp 2002, S. 29 - 99.

„irgendwie“ unterschieden werden können. So weit eine wissenschaftliche Beschreibung eine *abstrakte Beschreibung* ist, stellt die zugeordnete Abbildung entsprechend ein *abstraktes Objekt* (etwa einen Typus) dar. In derartige Abbildungen werden in erster Linie nur Elemente aufgenommen, die in den zugrunde liegenden Beschreibungen erwähnt sind. Weitere bildnerische Elemente sind zunächst nur „schmückendes Beiwerk“ (welches einzubringen natürlich Sinn haben kann, z. B. wenn es geeignet ist, Interesse oder Aufmerksamkeit zu wecken).

Die Verfertigung einer wissenschaftlichen Illustration beruht in der Regel auf vorbereitenden Handlungen, von denen das *Präparieren* die wichtigste ist. Durch die Präparation werden an einem Gegenstand die Träger von *relevanten* Merkmalen so aus ihrer Umgebung herausgelöst und von dieser abgesetzt, dass man die Merkmale un-  
schwer und klar erkennen und „ins Bild setzen“ kann. Damit passt die Präparation das konkrete Objekt der abstrakten Beschreibung so weit wie technisch möglich an, wobei der Präparationsaufwand stark von dem gewählten Abbildungsverfahren abhängt. Da z. B. ein Zeichner viel freier gestalten kann als ein Fotograf, ist letzterer auf besonders sorgfältig präparierte Vorlagen angewiesen<sup>17</sup>; wir werden auf diese Problematik gleich noch einmal zu sprechen kommen.

Den Präparationsverfahren kommt vor allem dort eine besondere Bedeutung zu, wo es nicht nur darum geht, Merkmale, die man am Objekt wahrnehmen kann, zum Zwecke der Abbildung deutlich heraus zu arbeiten, sondern wo durch ihren Einsatz die zu beschreibenden Merkmale überhaupt erst sichtbar gemacht werden. Die Biologie der Zelle wäre kaum voran gekommen, hätte man nicht raffinierte Färbe- und Beleuchtungstechniken entwickelt, sowie Verfahren, um Objekte schnittfähig und konservierbar zu machen. D.h. hier wird erst durch den Einsatz geeigneter Präparationstechniken ein beschreibungsfähiges und damit *abbildungsfähiges* Objekt erzeugt (s. den Aufsatz von Stahnisch in diesem Band). Die Frage ist dann aber auch nicht, ob etwa eine histologische Illustration eine Zelle so zeigt, „wie sie ist“ - das tut sie natürlich nicht -, sondern, ob mit den gewählten Präparationsverfahren auch die Strukturen herausgearbeitet worden sind, die man für *beschreibungsrelevant* hält. Wird letztere Frage positiv beantwortet, dann ist auch die illustrative Abbildung einer so präparierten Zelle eine „korrekte“ Illustration.

### 2.3 Dokumentarische Abbildungen

Alternativ zu der illustrativen Funktion kann eine Abbildung in deskriptiven Kontexten eine *dokumentarische* Funktion erfüllen. Die dokumentarische Abbildung gilt als *Beleg* bzw. als Beleg-Ersatz für eine empirische Behauptung. Anders als die Illustration darf sie sich deshalb auch nicht auf die Darstellung der in einer abstrakten Beschreibung benutzten Merkmale beschränken, sondern muss sich auf ein Individuum bzw. ein individuelles Ereignis beziehen. Sie muss einen Sachverhalt so detailreich darstellen, dass der Betrachtende selbst entscheiden kann, ob daraus die zur Diskussion stehende abstrakte Beschreibung zu recht gewonnen worden ist. Behauptet also jemand, dass ein beobachteter Sachverhalt unter eine abstrakte Beschreibung (etwa einen Typus) zu subsumieren sei, so muss er, wenn er dabei einen Bild-Beleg zur Untermauerung seiner Behauptung benützt, zeigen, dass auf der Abbildung unter vielen anderen die relevanten Elemente der Typus-Beschreibung zu identifizieren sind. Dabei kann er nun wiederum

---

<sup>17</sup> Sehr schön zu sehen bei Johannes W. Rohen, Chihiro Yokochi und Elke Lütjen-Drecoll: Anatomie des Menschen. Fotografischer Atlas der systematischen und topografischen Anatomie. Stuttgart: Schattauer <sup>5</sup>2002.



auf Bildmaterial zurückgreifen, nämlich auf *wissenschaftliche Illustrationen* des Typus; im Vergleich mit diesen lässt sich dann die Behauptung anschaulich demonstrieren.<sup>18</sup> Bei den dokumentarischen Abbildungen kommt den Abbildungsverfahren eine große Bedeutung zu. Diese sollen gewährleisten, dass der Beleg nicht umstandslos der Beschreibung „angepasst“ werden kann (dies im Gegensatz zur wissenschaftlichen Illustration, wo dies ja unbedingt gefordert ist). Das Verfahren muss also idealerweise so beschaffen sein, dass es ohne Rückgriff auf die Beschreibungen, die es dokumentieren soll, ein Bild liefert, welches dann auf Übereinstimmungen mit einer Beschreibung untersucht werden kann. Für gewöhnlich nimmt man diese Unabhängigkeit bei Fotografien und bei Filmaufzeichnungen als gegeben an, wobei man als Garantie der „Objektivität“ die optische Erzeugung des Bildes und dessen chemische Fixierung auf dem Film ansieht. Zweifellos sind Fotografien „Bilder“ im Sinne unserer Definition, da der Fotograf Objekt, Perspektive und optische Randbedingungen einstellt und damit den Vorgang der Bilderzeugung bewusst in Gang setzt (dies gilt selbst für weitgehend automatisch ablaufende Prozesse, wie sie etwa beim Einsatz einer Überwachungskamera gegeben sind). Die fotografische Aufnahme zeigt alles, was bei Verwendung eines bestimmten Gerätes und unter den gegebenen Einstellungen optisch möglich ist. Gravierende Veränderungen können nur ex post durch Manipulation des Films vorgenommen werden (früher durch Retouchen, heute bei digitalen Aufnahmen durch Veränderung des Datenmaterials).

Beim Zeichnen oder Malen liegen die Dinge etwas komplizierter. Die naive Vorstellung, dass wir die Welt sehen wie ein Fotoapparat und im Kopf Bilder speichern, von welchen dann durch die Zeichnung gewissermaßen Kopien angefertigt werden, teilt heute kaum jemand. Wir wissen längst, und dies nicht erst durch komplizierte psychologische Untersuchungen, dass es kein „unschuldiges Auge“<sup>19</sup> gibt. N. Goodman hat diese Einsicht wunderbar auf den Punkt gebracht:

„Das Auge beginnt immer schon erfahren seine Arbeit, es wird von seiner eigenen Vergangenheit und von alten und neuen Einflüsterungen des Ohrs, der Nase, der Zunge, der Finger, des Herzens und des Gehirns beherrscht.“<sup>20</sup>

Für unsere Fragestellung bedeutet dies, dass beim Zeichnen oder Malen das Vertrauen in das *Verfahren* offensichtlich ersetzt werden muss durch das Vertrauen in die *Person* des Zeichners oder Malers. Ihm muss man zutrauen, dass er verstanden hat, was eine dokumentarische Abbildung leisten soll und dass er in der Lage ist, diesen Auftrag ins Werk zu setzen.

---

<sup>18</sup> Dies macht man z. B., wenn man den fotografischen Ertrag einer botanischen Exkursion zu Hause zur näheren systematischen Bestimmung der abgebildeten Pflanzen mit entsprechenden floristischen Werken abgleicht.

<sup>19</sup> Ernst Gombrich: Kunst und Illusion. Köln: DuMont 1967, S. 31.

<sup>20</sup> Nelson Goodman: Sprachen der Kunst (2. Aufl.), Frankfurt/M.: Suhrkamp 1976, S. 19. In der Wissenschaftstheorie wird dieses Thema unter dem Stichwort „theoriegeladene Beobachtung“ abgehandelt, vgl hierzu vor allem Norwood Russell Hanson: Perception and Discovery. An Introduction to Scientific Inquiry. San Francisco: Freeman 1969, insbes. Part 2: The Act of Scientific Seeing.

Lorraine Daston und Peter Galison haben in ihrem vielbeachteten Aufsatz<sup>21</sup> die historische Auseinandersetzung geschildert, die mit dem Einsatz der Fotografie in der Wissenschaft ausbrach und bei der es um die Objektivität von Abbildungen ging. Dieser Streit wird dabei als Prozess der Verdinglichung von Objektivitätsansprüchen in den Naturwissenschaften, insbesondere in den Biowissenschaften dargestellt („mechanische Objektivität“)<sup>22</sup>, wobei allerdings ein historisches Missverständnis auf der Reflexionsebene der Wissenschaftsgeschichte reproduziert wird. Dieses Missverständnis hat seinen Grund zum einen in der Mehrdeutigkeit der Wörter „subjektiv“ und „objektiv“, zum anderen in der fehlenden Beachtung der pragmatischen Funktionen von Abbildungen. Deshalb sei hierzu eine kurze, zugleich die Überlegungen dieses Abschnitts rekapitulierende Bemerkung gemacht.

Das Wort „subjektiv“ wird in der Umgangssprache und im Wissenschaftsslang in doppelter Bedeutung gebraucht. Zum einen ist damit der in einem Urteil explizit oder implizit zum Ausdruck gebrachte Bezug zu Erkenntnisleistungen, Wissens- oder Erfahrungsbeständen der *urteilenden Person* gemeint, die dem Urteil zugrunde liegen (subjektiv 1). Zum anderen dient das Wort „subjektiv“ aber auch zur Bezeichnung eines auf das urteilende Subjekt eingeschränkten *Geltungsanspruches* im Sinne einer bloßen Meinung oder willkürlichen Setzung (subjektiv 2). Bei der Verwendung des Wortes „objektiv“ liegen die Dinge etwas komplizierter. Zunächst gilt ein Urteil als „objektiv“, wenn es etwas *über* ein Objekt aussagt. Aber hier müssen wir unterscheiden zwischen konkreten und abstrakten Objekten. Im ersteren Falle urteilt man über ein *Individuum* (objektiv 1a), im zweiten Falle über eine *Klasse* von Individuen (objektiv 1b); in diesem Sinne reden wir z. B. in der Biologie sowohl über bestimmte Pflanzen und Tiere, die wir als Individuen vor uns haben, als auch über die Arten, denen sie angehören. Schließlich verwendet man „objektiv“ aber auch im Gegensatz zu „subjektiv 2“ und meint damit einen nicht auf ein bestimmtes Subjekt beschränkten Geltungsanspruch (objektiv 2 im Sinne von „intersubjektiv“).

subjektiv		objektiv		
subjektiv1: bezieht sich auf subjektive Leistungen, die einem Urteil zugrunde liegen	subjektiv 2: bezieht sich auf eingeschränkten Geltungsanspruch eines Urteils	objektiv 1a: bezieht sich auf <i>konkrete</i> Objekte (Individuen)	objektiv 1b: bezieht sich auf <i>abstrakte</i> Objekte (Klassen)	objektiv 2: bezieht sich auf uneingeschränkten (intersubjektiven) Geltungsanspruch eines Urteils

Überträgt man diese begrifflichen Unterscheidungen, die zunächst nur Urteile betreffen, in *analoger Weise* auf Abbildungen, so kann man sagen, dass z. B. eine Zeichnung in einem anatomischen Tafelwerk immer in dem Sinne „subjektiv“ ist, als in diese Arbeit

<sup>21</sup> Lorraine Daston und Peter Galison: Das Bild der Objektivität. In: Peter Geimer (Hg.): Ordnungen der Sichtbarkeit. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie. Frankfurt/M.: Suhrkamp 2002, S. 29 - 99; vgl. hierzu auch Jutta Schickore: Fixierungen mikroskopischer Beobachtungen: Zeichnung, Dauerpräparat, Mikrofotografie. In: Peter Geimer (Hg.): Ordnungen der Sichtbarkeit. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie. Frankfurt/M.: Suhrkamp 2002, S. 285 - 312.

<sup>22</sup> Mit „mechanischer Objektivität“ meinen die Autoren die Schaffung von Objektivität durch technische Verfahren (S. 31f.); diese soll im 19. Jh. die um „Naturtreue“ bemühte Objektivität früherer Zeiten, welche insbesondere in den großen Tafelwerken des 17. und 18. Jh. ihren Ausdruck gefunden hat, abgelöst haben.

die ganze Erfahrung des Zeichners eingegangen ist (subjektiv 1): er sieht auf seine Vorlage mit dem Blick dessen, der schon viele solche Objekte gesehen hat und der weiß, was er in der Zeichnung zum Ausdruck bringen soll, nämlich genau das, was sich im jeweils vorliegenden Fall anatomisch beschreiben lässt. Damit ist die Zeichnung aber *nicht* subjektiv in dem Sinne, dass sie von individueller Willkür geprägt wäre (subjektiv 2). Sie ist aber auch *nicht* objektiv in dem Sinne, dass sie alle beschreibungsfähigen Merkmale eines konkreten Objekts wiedergeben würde (objektiv 1a). Letzteres darf sie ja als wissenschaftliche Illustration auch gar nicht sein, da sie sich auf eine abstrakte Beschreibung beziehen muss (also objektiv 1b). Allerdings soll der mit der Zeichnung verbundene Anspruch, dieser abstrakten Beschreibung zu entsprechen, sehr wohl intersubjektive Geltung besitzen (objektiv 2).

Wie wir gesehen haben, ist die Fotografie aufgrund ihres technischen Charakters besonders gut geeignet, Dokumentationszwecken zu genügen, weil sie zeigt, was an einem Objekt beschrieben werden kann (objektiv 1a) und sie einen gewissen Schutz vor bildnerischer Manipulation bietet (zumindest bei nicht-digitalen Verfahren). Relativ zu diesem Zweck kann ein Anspruch auf intersubjektive Geltung erhoben werden (objektiv 2). Aber: Gerade ihre Eignung zur Dokumentation macht die Fotografie zunächst ungeeignet zur wissenschaftlichen Illustration, also zur Abbildung abstrakter Beschreibungen. Soll eine Fotografie etwa einen Typus abbilden, so muss man, wie weiter oben schon erwähnt, die Objekt-Vorlage vor der Aufnahme sehr sorgfältig auswählen und unter Umständen bearbeiten und präparieren, d. h. auch hier gehen genau wie bei der illustrativen Zeichnung subjektive Elemente des Wissens und der Erfahrung des Fotografen (und seines Teams) in den Abbildungsprozess ein (subjektiv 1).<sup>23</sup> Es ist offensichtlich, dass im wissenschaftlichen Kontext die Fotografie in den letzten 150 Jahren das handgefertigte Bild immer mehr verdrängt hat. Soweit es die Dokumentation betrifft, hat dieser Prozess in der Tat etwas mit „Schaffung von Objektivität“ zu tun (Verfahren anstelle von Vertrauen). Soweit es allerdings die Illustration betrifft, so wird deren Aufgabe durch den Einsatz der Fotografie vielleicht kostengünstiger, aber nicht besser gelöst. Keinesfalls kann man davon sprechen, dass mit der Fotografie die Illustration durch die Dokumentation verdrängt worden wäre.

Es sieht also so aus, als sei mit der Entdeckung der Fotografie für die wissenschaftliche Abbildungspraxis zunächst nur ein relativ harmloses technisches Entscheidungsproblem entstanden: Für welche Abbildungszwecke ist welches Verfahren am besten (auch unter Berücksichtigung der Kosten) geeignet? Wie lässt es sich dann aber erklären, dass bis auf den heutigen Tag versucht wird, in diese Auseinandersetzung grundsätzliche erkenntnistheoretische Argumente einzuflechten und ihr so den Schein tieferer Bedeutung zu verleihen? Hierfür sind wohl zwei Gründe ausschlaggebend.

Zunächst ist das schon eingangs erwähnte naiv-realistische Verständnis von „Abbildung“ zu nennen, wonach ein Abbild zeigt, was man an einem Objekt sehen kann. Man geht dabei von einer Situation aus, in der man ein konkretes Objekt vor Augen hat sowie dessen Abbildung und nun beide miteinander vergleicht. Was allerdings als Basis für den Vergleich dienen kann, bleibt unerörtert, was zugleich verhindert, dass die Bedeutung der verbalen *Beschreibungen* für die Qualität eines Bildes als Abbildung erkannt werden könnte.

Die andere Quelle für so manches Missverständnis liegt im empiristischen Induktivismus, dem viele Naturwissenschaftler als Hausphilosophie anhängen und dem zufolge *all-*

---

<sup>23</sup> Das wird besonders deutlich bei „Mischverfahren“ von Fotografie und Zeichnung, etwa bei Johannes Sobotta: Atlas der deskriptiven Anatomie des Menschen. München: Lehmann 1904, wie im Beitrag von Markus Buschmann in diesem Band dargestellt.

*gemeine* wissenschaftliche Aussagen durch die Verknüpfung einer Vielzahl von empirischen *Einzelbefunden* gewonnen werden. Würde man sich zu diesem Induktivismus nicht nur bekennen, sondern ihn auch tatsächlich befolgen, so käme man auf diesem Wege bestenfalls zu mehr oder weniger belanglosen *Verallgemeinerungen*, nie aber zu *Abstraktionen*, die logisch gesehen immer das Herzstück wissenschaftlicher Theorien bilden. Verallgemeinerung und Abstraktion sind zwei *grundlegend verschiedene* logische Verfahren<sup>24</sup> und so wenig wie man ein Naturgesetz aus der Verallgemeinerung individueller Befunde erhalten kann, so wenig kann man das Bild eines Typus und damit eine wissenschaftliche Illustration erhalten, wenn man noch so viele dokumentarische Abbilder nebeneinander oder quasi „aufeinander“ legen würde. An irgendeiner Stelle muss offen oder verdeckt die Entscheidung getroffen werden, was letztlich in die Illustration aufzunehmen ist und was nicht. So scheint mir der Streit um Naturtreue versus mechanische Objektivität letztlich ein Scheinproblem zu betreffen, welches daher rührt, dass bei der Beurteilung von wissenschaftlichen Abbildungen die Bedeutung der damit verbundenen Beschreibungen und der ihnen zugrunde liegenden theoretischen Leistungen sträflich unterschätzt worden ist; und dies gilt meiner Meinung nach auch für die Darstellung, die Lorraine Daston und Peter Galison vorgelegt haben.

Ein echtes Problem stellt dagegen der Objektivitätsanspruch dar, der sich mit einigen modernen bildgebenden Verfahren verbindet. Dass mittels eines Ultraschall-Sonografen oder eines Positronenemissions-Tomografen (PET) *Bilder* im Sinne unserer Festlegung erzeugt werden, bedarf keiner weiteren Erörterung, wohl aber die Frage, ob es sich hier auch um *abbildgebende* Verfahren handelt. Denn die dem Bild zugrunde liegenden physikalischen Prozesse haben zunächst überhaupt keinen visuellen Charakter und müssen erst durch technische Verfahren „ins Bild gesetzt“ werden. Damit sind wir bei der Thematik der Verbildlichung angekommen.

### 3 Verbildlichung

Bei einer *Verbildlichung* im Bereich der Lebenswissenschaften werden physikalische Größen, Merkmale bzw. Merkmalsausprägungen in ein Bild gesetzt, die zwar räumlich dimensioniert sind, aber selbst weder unmittelbar noch mittelbar einen visuellen Eindruck vermitteln. Mit der Verbildlichung können zwei unterschiedliche Ziele verfolgt werden. Zum einen kann es darum gehen, ein Bild der räumlichen Struktur von visuell nicht erfassbaren Größen oder Merkmalen zu erzeugen (z. B. thermische Differenzen in einem Gewebe), welches *Rückschlüsse auf funktionelle Abläufe* im Organismus erlaubt. Im anderen Fall wird die Verbildlichung unanschaulicher Größen dazu benutzt, um ein Bild von einem Objekt herzustellen, das im Prinzip visuell erfassbar ist, wenn auch nicht unter den gegebenen Umständen (z. B. ein Bild von den inneren Organen eines lebenden Menschen). Hier hat die Verbildlichung die Aufgabe, ein Bild zu erzeugen, welches in *anatomischer Hinsicht* interpretiert werden kann, d. h. so, *als ob* es sich um eine dokumentarische Abbildung handeln würde. Ich möchte das Vorgehen bei der Verbildlichung an dem für das Generalthema des Bandes völlig abgelegenen, dafür umso griffigeren Beispiel der Haushaltsstatistik erläutern.

In der Haushaltsstatistik werden Daten für Merkmale bzw. Merkmalsausprägungen erhoben wie z. B. Anzahl der Haushaltsmitglieder, Einkommen, Konsumgewohnheiten, Zahl und Fläche der Wohnräume usw., die an Haushalte gekoppelt sind, welche wiederum eine feste Adresse besitzen. Deshalb ist es möglich, die *räumliche Verteilung*

---

<sup>24</sup> Zur Einführung in das logische Verfahren der Abstraktion Wilhelm Kamlah und Paul Lorenzen: Logische Propädeutik. Vorschule des vernünftigen Redens. Mannheim: BI <sup>2</sup>1987; Rüdiger Inhetveen: Logik. Eine dialog-orientierte Einführung. Leipzig: Eagle 2003.

dieser Daten zu untersuchen, was auf unterschiedliche Weise geschehen kann. Man kann z. B. die merkmalspezifischen Daten für bestimmte Gebiete (etwa Gebietskörperschaften oder feste Flächen) aggregieren und in Listen aufführen. Auf diese Weise erhält man dann z. B. die Anzahl der Single-Haushalte, der Familienhaushalte mit einem Kind, mit zwei oder mehr Kindern für eine bestimmte Kommune. Für die einzelnen Merkmalsausprägungen können nun Größenklassen gebildet werden (z. B. Anzahl der Singlehaushalte von 0 bis 100: Klasse 1, von 100 bis 200: Klasse 2 usw.) und man kann dann die Ergebnisse der Erhebung für ein Gebiet solchen Klassen zuordnen. Das Ergebnis dieser Zuordnung kann wiederum tabellarisch erfasst werden, man kann allerdings auch den verschiedenen Klassen unterschiedliche visuelle Marken zuordnen (z. B. verschiedenfarbige Punkte) und diese Marken dann in eine Karte eintragen. Auf diese Weise erhält man ein *Bild der Merkmalsverteilung* für das Gesamtgebiet der Erhebung (man erhält so z. B. ein *Bild* davon, wie sich die Anzahl der Single-Haushalte auf Stadt und Land, auf Nord und Süd usw. verteilt). Entsprechend kann man etwa auch die Daten aus dem Krebsregister für ein Bundesland *verbildlichen*. Ich habe dieses Beispiel gewählt, weil hier niemand auf die Idee kommen würde, in der bildlichen Aufbereitung statistischer Ergebnisse eine *Abbildung* in dem oben skizzierten Sinne zu sehen. Dies ist bei anderen Verfahren nicht immer so einfach zu erkennen, zumindest nicht auf den ersten Blick und ohne gewisse theoretische Vorkenntnisse. Vor der Folie dieses Beispiels können wir uns jetzt den modernen bildgebenden Verfahren der Medizin zuwenden, bei denen die räumliche Verteilung physikalischer Größen erfasst und technisch in ein Bild umgesetzt wird.<sup>25</sup> Einen unter unserer Fragestellung relativ einfachen Fall stellt die *Ultraschall-Sonografie* dar. Hier wird mit einem Schallkopf (der zugleich Sender wie Empfänger ist) ein Ultraschallsignal ausgesendet und die Rücklaufzeit sowie die Intensität des von einem Objekt zurückgeworfenen Echos gemessen. Die Messergebnisse hängen von der geführten Bewegung des Schallkopfs und der räumlichen wie stofflichen Beschaffenheit des Objekts ab, über das der Schallkopf geführt wird. Denkt man sich das untersuchte Objekt in ein Koordinatensystem eingebettet, so lassen sich jedem Punkt im Koordinatensystem bestimmte Messwerte zuordnen. Diese Zuordnung könnte man in (umfanglichen) Tabellen aufzeichnen, womit man dann eine *physikalische Beschreibung* der Interaktion zwischen den Schallwellen und der reflektierenden Materie erhält. Wie im Falle der Haushaltsstatistik kann man nun die Messwerte in Größenklassen zusammenfassen und diesen Klassen bestimmte Grautöne zuordnen. Projiziert man das dreidimensionale Koordinatensystem in eine Ebene, dann stellt ein Punkt in der Ebene einen Messbereich dar, seine Einfärbung zeigt an, in welche Größenklasse die gemittelten Messergebnisse aus dem Messbereich gehören. Auf diese Weise erhält man ein Bild der Verteilung der Messergebnisse. Technisch wird dies dadurch erreicht, dass das empfangene Echo in elektromagnetische Impulse umgewandelt wird, denen dann durch ein Computerprogramm bestimmte Grauwerte zugeordnet werden. Da nun Organewebe relativ homogen ist und Reflexion, Absorption und Eindringtiefe der Ultraschallwellen wiederum gewebespezifisch sind, kann man durch die skizzierte Umsetzung der Schallsignale in Bildpunkte ein Bild erzeugen, welches sich als *Bild einer Organstruktur interpretieren* lässt. Diese etwas umständliche Formulierung ist wichtig,

<sup>25</sup> Dies leistet genau genommen auch die Fotografie, da hier der Apparat einen Ausschnitt aus dem Spektrum der elektromagnetischen Wellen empfängt und die empfangenen Signale über einen chemischen Prozess auf einem Film fixiert, wodurch man das Bild erhält. Allerdings nutzt unser Sehen genau den gleichen Ausschnitt aus dem Wellenspektrum wie die Fotografie und damit visualisiert die Fotografie etwas, was wir ansonsten auch sehen können, weshalb man hier nicht von einem Verfahren der Verbildlichung sprechen kann.

da dadurch deutlich wird, dass hier ein Bild erzeugt wird, das keineswegs als Abbild verstanden werden kann. In der Tat weisen Sonografie-Bilder Technik-induzierte Effekte auf (Flecken, Schatten, unscharfe Ränder), welche sich nicht biologisch erklären lassen, die aber auch nicht auf einen technischen Defekt des Aufnahmegeräts zurückzuführen sind. Diese Effekte können nun durch Vergleich mit anatomischen Präparaten bzw. Abbildern erkannt und durch den Einsatz raffinierter Verfahren (bei denen Mustererkennungsprogramme eine große Rolle spielen) in ihrem Auftreten minimiert werden. Anders ausgedrückt: Das Leitbild für eine gute Verbildlichung ist bei der Ultraschall-Sonografie die *anatomische Abbildung*, d.h. die Effektivität des technischen Aufwandes bemisst sich danach, ob sich die Messwerte in Bilder umsetzen lassen, welche die Qualität von Abbildungen erreichen, allerdings unter Bedingungen, unter denen man gewöhnlich keine Abbildungen erstellen kann.

Wir haben die Ultraschall-Sonografie als ein Beispiel für ein Verfahren behandelt, das anatomische Strukturen verbildlichen soll (ähnlich wie CT-Verfahren). Zum Abschluss soll noch auf zwei Verfahren eingegangen werden, die der *Verbildlichung von Stoffwechselfvorgängen* im Körper dienen. Bei der Single-Particle(Photon)-Emission-Computerized-Tomography (SPECT) werden radioaktiv markierte Substanzen (so genannte „Tracer“) in den lebenden Organismus injiziert, die dann in biochemische Prozesse eingebunden werden. Die Tracer emittieren Gamma-Strahlen (Photonen), die mit entsprechenden Detektoren erfasst werden können. Aus den so erhaltenen Daten der Zerfallsereignisse lässt sich berechnen, wo im Organismus sich die Tracer sammeln und auf welchen Wegen sie transportiert werden. Je nachdem, welche radioaktive Substanzen man einsetzt, lassen sich unterschiedliche chemische Prozesse verfolgen. Im Gegensatz zur SPECT werden bei der Positron-Emission-Tomography (PET) solche Tracer verwendet, die bei ihrem Zerfall keine Gamma-Strahlen aussenden, sondern Positronen. Treffen diese auf Elektronen (was nach kurzer Wegstrecke immer der Fall ist), so werden bei der Vernichtungskollision zwei Photonen ausgesandt, die in (fast) entgegengesetzte Richtung laufen und von entsprechend positionierten Detektoren erfasst werden können. Dadurch lassen sich beim PET-Verfahren die Emissions-Ereignisse besser lokalisieren als beim SPECT-Verfahren und damit auch leichter zu einem Bild verarbeiten.

Wie alle Szintigrafie-Verfahren registrieren sowohl SPECT wie PET vor allem Regionen im Organismus, in denen eine relativ zur Umgebung *erhöhte* bzw. *erniedrigte* Stoffwechselaktivität stattfindet. Das Scannen der Emissions-Signale ist in physikalisch-technischer Hinsicht sehr aufwendig<sup>26</sup>, ihm schließt sich ein softwaretechnisches Verfahren zu ihrer Verbildlichung an, das seiner grundlegenden Idee nach so ähnlich funktioniert wie im Falle der Ultraschall-Sonografie. Ein Problem dieser Verfahren liegt darin, dass den erfassten Regionen außergewöhnlicher Stoffwechselaktivitäten keine genauen anatomischen Strukturen entsprechen müssen. Zwar sind Stoffwechselfvorgänge an bestimmte Funktionszellen gebunden, aber da nicht alle Zellen des gleichen Typs auch zur gleichen Zeit und im gleichen Umfang aktiv sein müssen, muss das „Aktivitätsbild“ mit Hilfe statistischer Verfahren erzeugt werden, weshalb der räumlichen Auflösung gewisse Grenzen gesetzt sind; die genannten Verfahren eignen sich deshalb gut z. B. zur Lokalisierung einer Tumorregion, weniger gut zur Darstellung der räumlichen Struktur eines Organs. Dieser Nachteil kann ausgeglichen werden, wenn man Geräte einsetzt, die unterschiedliche bildgebende Verfahren kombinieren, z. B.

---

<sup>26</sup> Einen Eindruck vermittelt der Übersichtsartikel von A. S. Fokas und L.-Y. Sung: Generalized Fourier Transforms, Their Nonlinearization and the Imaging of the Brain. In: Notices of the American Mathematical Society 52 (2005), 1178 - 1192.

SPECT-CT- oder PET-CT-Geräte (vgl. hierzu die Abbildungen aus dem Beitrag von Patrick Becker, insbesondere die Gegenüberstellung von PET- und fMRT-Bildern). Hierbei wird die Organstruktur durch eine hochauflösende Computer-Tomografie erfasst und in diese hinein wird dann das Aktivitätsbild projiziert.<sup>27</sup>

Wenn wir nun nach einem Blick auf die physikalisch-technischen Grundlagen moderner bildgebender Verfahren fragen, welche erkenntnistheoretischen Qualitäten die so erzeugten Bilder haben, so lässt sich ein fundamentaler Unterschied feststellen. Einerseits kann die Verbildlichung physikalischer Prozesse der Aufgabe dienen, eine *dokumentarische Abbildung* zu erzeugen; so etwa bei der Ultraschall-Sonografie, der Computer-Tomografie oder Magnet-Resonanz-Tomografie. D. h. diese Verfahren erzeugen auf dem *Umweg der Verbildlichung* eine dokumentarische Abbildung von anatomischen oder zellulären Strukturen, die auf direktem Wege (also z. B. durch Fotografie) am lebenden Objekt oder ohne zerstörende Eingriffe nicht zu erhalten wäre. Andererseits kann die Verbildlichung physikalisch-chemischer Prozesse sich aber auch in dieser Aufgabe selbst erschöpfen, wie dies bei szintigrafischen Verfahren der Fall ist. Hier geht es wesentlich darum, die *Ortsgebundenheit physiologischer Prozesse* sichtbar zu machen. Diese Prozesse selbst haben unter keinen Umständen eine visuelle Qualität und deshalb macht ein SPECT- oder PET-Gerät auch nicht sichtbar, was wenigstens „prinzipiell“ sichtbar wäre. Man erfährt durch den Einsatz dieser Geräte genau genommen nicht, *was* geschieht, sondern nur, *wo* etwas geschieht, wobei dieses „etwas“ schon vorher physikalisch, chemisch und physiologisch bestimmt sein muss. Diese Informationen über Lokalisation und Transport haben ihre große Bedeutung im Kontext der ärztlichen Diagnose- und Operationspraxis sowie bei der Klärung der Fragen, wie physiologische Prozesse bestimmten Organanteilen oder Zellverbänden zuzuordnen sind, also bei der *funktionalen Bestimmung* von organischen Strukturen.

Letztere Möglichkeit spielt vor allem bei der Analyse gehirneurophysiologischer Vorgänge eine große Rolle. Die Besonderheit des Gehirns liegt ja darin, dass die kognitiven, emotionalen oder sensuellen Zustände eines Lebewesen nicht speziellen, anatomisch wohlunterscheidbaren Gehirnteilen zugeordnet werden können. Auch scheint es keine chemischen Stoffe zu geben, deren Ausschüttung spezifisch für bestimmte mentale Leistungen eines Lebewesens wären (etwa ein Protein, das beim Lesen eines Textes, ein anderes, das beim Betrachten eines Bildes produziert wird). Gleichwohl gibt es gut erfassbare Korrelationen zwischen psychologisch beschreibbaren Aktivitäten des Menschen und Stoffwechselprozessen, die in bestimmten Gehirnarealen ablaufen.

---

<sup>27</sup> Neben den hier vorgestellten Verfahren und der auf der Röntgentechnologie beruhenden Computer-Tomografie (CT) soll noch die Kernspin- oder Magnetresonanz-Tomografie (MRT) erwähnt werden. Hierbei werden die Spinachsen der in den chemischen Verbindungen eines Organismus enthaltenen Wasserstoffkerne durch das Anlegen eines starken Magnetfelds ausgerichtet, wodurch sie in gleicher Frequenz rotieren. Diese Frequenz lässt sich durch Einstrahlen eines mit ihr in Resonanz befindlichen Radiosignals stören; wird das Signal abgeschaltet, so kehren die Spins in ihre ursprüngliche Lage zurück und geben dabei ein Radiosignal ab, das mit geeigneten Antennen empfangen werden kann. Da die Zeit, die vergeht, bis das System seinen ursprünglichen Zustand wieder erreicht hat (Relaxationszeit) und die Stärke des Signals gewebeabhängig sind, kann man aus den empfangenen Daten auf die räumliche Struktur und den stofflichen Charakter des Gewebes zurück schließen. Die MRT eignet sich gut zur hochauflösenden Darstellung von Weichteilstrukturen, sie funktioniert allerdings physikalisch und technisch völlig anders als PET und SPECT (ist diesen also *nicht ähnlich*, wie Patrick Becker in seinem Beitrag meint). Durch eine besondere Einstellung der Parameter der MTR kann man auch Veränderungen der Gewebedurchblutung messen und verbildlichen, wobei man unterschiedliche magnetische Eigenschaften von Oxyhämoglobin (im sauerstoffreichen Blut) und Desoxyhämoglobin (im sauerstoffarmen Blut) ausnutzt. Da eine Veränderung der Hämodynamik mit unterschiedlichen Organaktivitäten korreliert, kann man auf diese rückschließen und spricht deshalb von einer „funktionellen“ MRT (fMRT).

Letztere sind aber unspezifisch und betreffen den Transport und die Konzentration von chemischen Verbindungen, die etwas mit dem Energiehaushalt und der Signalverarbeitung der Zellen zu tun haben.

Über solche Korrelationen hatte man auch schon vor dem Einsatz der modernen bildgebenden Verfahren Kenntnisse, die nicht zuletzt durch das „klassische“ physiologische Verfahren der Funktionszuschreibung durch Zerstörung gewonnen worden sind.<sup>28</sup> Mit den modernen Verfahren erhält man jedoch umfangreichere, genauere und vor allem reproduzierbare Ergebnisse, ohne invasiv in das Geschehen des Gehirns eingreifen zu müssen. Aber: Diese Bilder zeigen nur die Regionalisierung von bestimmten Stoffwechselaktivitäten, diese allein werden verbildlicht und nicht die mit letzteren einhergehenden in psychologischer Sprache zu beschreibenden Vorgänge und Zustände. Es ist deshalb nicht richtig, wenn von „Abbildungen von bestimmten emotionalen Zuständen im Gehirn“ gesprochen wird und selbst die schwächere Formulierung von der „Visualisierung neuronaler Aktivitäten während bestimmter emotionaler Zustände“ trifft die den Bildern zugrunde liegenden Sachverhalt nicht, da „neuronalen Aktivitäten“ zwar mit den verbildlichten Stoffwechselvorgängen verbunden sind, keinesfalls aber mit diesen gleichgesetzt werden können. Wenn man z. B. mit Hilfe eines fMTR-Verfahrens feststellt, dass eine bestimmte Gehirnregion relativ zu ihrer Umgebung stärker durchblutet ist, dann bedeutet dies, dass hier ein höherer Energieumsatz stattfindet, was wiederum als *Indiz* für neuronale Aktivitäten gewertet werden kann; aber es wäre natürlich Unsinn, die verbildlichte Durchblutung selbst als Abbild neuronaler Aktivität zu interpretieren.<sup>29</sup> Also dürfte selbst ein extremer Reduktionist, der glaubt, alle psychologischen Beschreibungen von mentalen Aktivitäten durch Beschreibungen von physiologischen Vorgängen im Gehirn ersetzen zu können, die Gehirn-Bilder nicht als Stütze seines Glaubens verwenden, da diese Bilder gar nicht die Physiologie des Denkens oder Fühlens verbildlichen. Deshalb reflektiert die als zentrale wissenschaftssoziologische Einsicht präsentierte These:

„Unterschiedliche Repräsentationspraktiken schaffen nicht nur unterschiedliche Formen der Repräsentation von Emotion, sondern setzen hiermit auch unterschiedliche ontologische Realitäten in Kraft.“<sup>30</sup>

weniger eine sorgfältige Analyse der Bilder selbst als vielmehr einen auf mangelnder Kenntnis ihrer technischen Erzeugung beruhenden Umgang mit ihnen. Wir haben hier ein Musterbeispiel für meine Behauptung, dass man im wissenschaftlichen Kontext ein Bild nur verstehen kann, wenn man den Text verstanden hat, dem dieses Bild zugeordnet ist (s. oben S. 3). Anders als im Falle der Abbildungen, bei denen zum Text im wesentlichen nur die (z. B. anatomische) Beschreibung des abgebildeten Objekts gehört, gehören im Falle der Verbildlichungen zum Text eben auch die physikalischen und chemischen Beschreibungen der Vorgänge und Zustände, die verbildlicht werden. Denn

<sup>28</sup> Die Zerstörung einer Gehirnregion z. B. durch eine Gehirnblutung hinterlässt bestimmte psychische und physische Ausfälle, was den Schluss zulässt, dass die ausgefallenen Funktionen etwas mit Vorgängen in der zerstörten Region zu tun haben müssen.

<sup>29</sup> Um diesen Gedanken vielleicht noch an einem ganz einfachen Beispiel klar zu machen: Wenn man mit Hilfe von bildgebenden Verfahren feststellt, dass bei der Verdauung fetter Speisen die Bauchspeicheldrüse besonders „aktiv“ ist, dann weiß man dadurch weder, was hier geschieht, noch auf welche Weise; d. h. man kann den Ort des Geschehens eingrenzen, das Geschehen selbst muss man mit Hilfe von anderen Methoden aufklären.

<sup>30</sup> Patrick Becker: Das wahre Bild der Emotion, in diesem Band.



wenn man nicht weiß, was verbildlicht worden ist, kann man das Ergebnis der Verbildlichung auch nicht richtig interpretieren.

#### 4 Veranschaulichung

Zum Schluss soll noch eine dritte Visualisierungsform wenigstens kurz skizziert werden, die in wissenschaftlichen Kontexten, wenn auch nicht gerade in dem der Lebenswissenschaften, eine wichtige Rolle spielt: die *Veranschaulichung*. Eine Veranschaulichung hat die Aufgabe, ein Bild zu erzeugen, dessen Beschreibung in einem wohldefinierten Sinne *Ähnlichkeit* mit der Beschreibung des Sachverhalts besitzt, der veranschaulicht werden soll; dadurch soll erreicht werden, dass zumindest *Aspekte* eines Sachverhalts, der insgesamt nur verbal dargestellt werden kann, einen visuellen Ausdruck erhalten (diese Aspekte betreffen insbesondere die Zeitstruktur eines Geschehens oder logische Strukturen einer Darstellung). Im einzelnen bedeutet dies, dass in einer Veranschaulichung drei Komponenten zusammengebracht werden müssen:

- Als zulässiger Ausgangs-Punkt kommt jede sprachliche Darstellung D1 eines Sachverhalts in Frage, die durch eine der möglichen Kombinationen der Merkmale „anschaulich“/„unanschaulich“ und „empirisch“/„nicht-empirisch“ charakterisiert werden kann, wobei es *nicht* darauf ankommt, dass D1 selbst durch eine Abbildung oder Verbildlichung repräsentiert werden kann.

- Dieser Darstellung D1 stellt man eine zweite (sprachliche) Darstellung D2 zur Seite, der *auf jeden Fall* eine Abbildung oder Verbildlichung zugeordnet werden kann.

- Schließlich braucht man eine theoretische Struktur T, von der sich zeigen lässt, dass sie die Darstellungen D1 und D2 als Modelle besitzt (d. h. die formale Struktur T kann *inhaltlich* durch die Modelle D1 und D2 interpretiert werden).

Das formale Element T erlaubt es, eine Ähnlichkeitsrelation zwischen D1 und D2 herzustellen, wodurch auch die zu D2 gehörende Abbildung oder Verbildlichung eine *Bedeutung für D1* bekommt: Die Illustration bzw. Verbildlichung von D2 macht *Aspekte von D1 anschaulich*. Dieser (äußerst unanschauliche) Zusammenhang sei an zwei Beispielen erläutert.

Nehmen wir als Beispiel für einen einfachen mechanischen Sachverhalt<sup>31</sup>. Ein Fadenpendel, dessen Bewegungsverhalten in der Sprache der Mechanik beschrieben wird (also in mathematischer Form). Das Bewegungsverhalten des Pendels kann durch schematische Zeichnungen *illustriert* werden, die wiederum durch *dokumentarische Abbildungen* eines konkreten Versuchsaufbaus ergänzt werden können. Der mathematischen Beschreibung des Bewegungsverhaltens in Form eines Verlaufsgesetzes sind nun mathematische Strukturen inhärent (z. B. aus der Topologie und der Algebra), die auch geometrische Modelle besitzen und die es z. B. erlauben, die Zeitstruktur auf die Achse eines Koordinatensystems zu übertragen. Dieser Umstand ermöglicht es, ein *grafisches* Bild der funktionalen Zusammenhänge zu erzeugen (also z. B. den Grafen einer Funktion, eines Potentialgebirges oder einer Trajektorienschar zu zeichnen). Eine solche Grafik illustriert weder den *empirischen Sachverhalt* noch verbildlicht sie ihn; sie bezieht sich nur auf den *mathematischen Zusammenhang* zwischen den physikalischen Größen und verbildlicht allein diesen. Gleichwohl hat die Verbildlichung des mathematischen Aspekts der physikalischen Darstellung einen hohen heuristischen Wert für die Physik: man kann gewissermaßen „auf einen Blick“ sehen,

---

<sup>31</sup> Zu weiteren Beispielen vgl. James R. Brown: Illustration and Inference. In: Brian S. Baigrie (ed.): Picturing Knowledge. Historical and Philosophical Problems Concerning the Use of Art in Science. Toronto: Univ. of Toronto Pr. 1996, S. 250 - 268.

unter welchen Bedingungen sich physikalisch besonders interessante Konstellationen einstellen, d.h. man sieht etwas, was man an der Formel allein nicht ablesen kann. Unser zweites Beispiel entnehmen wir der Biologie.<sup>32</sup> Wenn man physiologische Prozesse beschreibt, dann benutzt man dabei heute die Sprache der Physik und der Chemie. Physik und Chemie beschreiben aber Vorgänge immer invariant zu den *Örtlichkeiten*, an denen sie ablaufen und zu den *Aufgaben*, denen sie gegebenenfalls dienen. In der Physiologie muss man aber chemische oder physikalische Vorgänge auch immer beschreiben als *Funktionen von bestimmten Molekülen, Zellen oder Organen*. So ist in physiologischer Hinsicht ein Molekül nicht nur ein Partner in chemischen Reaktionen, sondern es erfüllt auch biologische Aufgaben als Enzym, als Botenstoff oder Hormon usw.; Zellen werden nicht nur nach ihrer morphologischen Form klassifiziert, sondern auch und vor allem nach ihren jeweiligen biologischen Aufgaben als *Funktionszellen* bestimmt; und Organe werden schließlich als biologische Systeme bestimmt, die Funktionen erfüllen, welche wieder an bestimmte Funktionszellen als Subsysteme rückgebunden werden können. Es hat sich in der Biologie eingebürgert, diese *funktionalen Aspekte* in der Sprache einer von den Ingenieurwissenschaften entlehnten *allgemeinen Systemtheorie* auszudrücken.<sup>33</sup> Diese Systemtheorie ist eine (halb-)formale Strukturtheorie in dem oben geforderten Sinne, die empirische Modelle in vielen Disziplinen besitzt und mit deren Hilfe insbesondere eine Brücke geschlagen werden kann von der Physiologie zu technischen Disziplinen und deren visuellen Darstellungsformen (z. B. der *Verbildlichung* funktionaler Zusammenhänge in der Elektrotechnik durch Schaltbilder).<sup>34</sup> Letztere werden dann genutzt, um den *funktionalen und damit erklärungslogischen Aspekt* von physiologischen Vorgängen zu *veranschaulichen*, wie dies an der nachfolgenden systemtheoretischen Darstellung der Temperaturregulation im Organismus zu sehen ist.

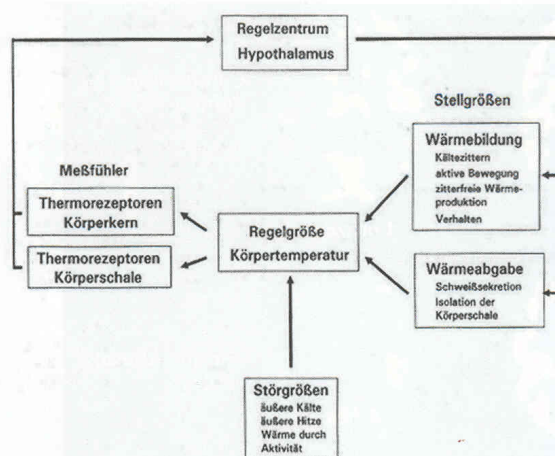


Abb. 8.4 aus: Christian und Astrid Hick (Hg.): Physiologie. Kurzlehrbuch zum Gegenstandskatalog 1. 2. Aufl., Stuttgart: Fischer 1997, S. 190

<sup>32</sup> Weitere Beispiele bei Robert J. O'Hara: Representations of the Natural System in the Nineteenth Century. In: Brian S. Baigrie (ed.): Picturing Knowledge. Historical and Philosophical Problems Concerning the Use of Art in Science. Toronto: Univ. of Toronto Pr. 1996, S. 164 - 183.

<sup>33</sup> Zur funktionalen Erklärung in den Biowissenschaften Rudolf Kötter: Wachstum, Evolution und Entwicklung. Wissenschaftstheoretische Überlegungen. In: Nicole C. Karafyllis (Hg.): Biofakte. Versuch über den Menschen zwischen Artefakt und Lebewesen. Paderborn: Mentis 2003, S. 100 - 120.

<sup>34</sup> Vgl. Ulrich Epple: Strukturbilder. Die Sprache des Ingenieurs. In: Andreas Beyer und Karkus Lohoff (Hr.): Bild und Erkenntnis. Formen und Funktionen des Bildes in Wissenschaft und Technik. München/Berlin: Deutscher Kunstverlag 2005, S. 56 - 59.

Anders formuliert: indem man die Temperaturregulation im Körper so beschreibt, *als ob* es sich dabei um die Leistung eines Thermostaten handeln würde, kann man sich der *Verbildlichung der Regelfunktion* eines Thermostaten aus der Elektrotechnik zur *Veranschaulichung der Temperaturregulation* im Körper bedienen.

## 5 Schluss

Mit dieser kleinen Skizze zur Veranschaulichung sollte noch einmal deutlich geworden sein, dass man sich tief in die Wissenschaftstheorie einer Disziplin hineinbegeben und sich insbesondere mit dem Verhältnis von funktionalen zu kausalen Erklärungsformen, von erklärenden und beschreibenden Elementen auseinandersetzen muss, um Anspruch, Nutzen und Grenzen des Einsatzes von Bildern in den Wissenschaften richtig beurteilen zu können. Der Ertrag solcher Bemühungen lässt sich vielleicht auf folgenden kurzen Nenner bringen: Auch wenn in einem Bild nicht mehr Informationen stecken sollten, als in der zugehörigen Beschreibung, so erlaubt das Bild doch einen ganz anderen Umgang mit diesen Informationen. Die Beschreibung zwingt durch die lineare Struktur der Satzfolge den „inneren Blick“ auf eine ganz bestimmte Bahn, jede Abschweifung vom Textverlauf behindert das Verständnis des Textes. Das Bild hingegen erlaubt das Hin- und Herspringen des Blicks, die Einnahme unterschiedlicher Perspektiven und ermöglicht damit unterschiedliche Annäherungen an das ins Bild gefasste Objekt. Diese Erfahrungen können wiederum Anlass zu Fragen geben, unter denen man das Objekt selbst betrachten und untersuchen will. Damit tritt das Bild nicht als eigenständiges, wahrheitsfähiges Objekt neben das „wirkliche“ Objekt, aber es erhält für dessen Beschreibung und Erklärung eine wichtige, oft unerlässliche heuristische Funktion.