

HW

Dimitri Liebsch / Nicola Mößner (Hrsg.)

Visualisierung und Erkenntnis

Bildverstehen und Bildverwenden in
Natur- und Geisteswissenschaften

Herbert von Halem Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Dimitri Liebsch / Nicola Mößner (Hrsg.)

Visualisierung und Erkenntnis.

Bildverstehen und Bildverwenden in Natur- und Geisteswissenschaften

Köln: Halem, 2012

Gedruckt mit Hilfe der Geschwister Boehringer Ingelheim Stiftung für Geisteswissenschaften in Ingelheim am Rhein.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme (inkl. Online-Netzwerken) gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2012 by Herbert von Halem Verlag, Köln

ISBN 978-3-86962-053-4

Den Herbert von Halem Verlag erreichen Sie auch im Internet unter <http://www.halem-verlag.de>
Email: info@halem-verlag.de

SATZ: Herbert von Halem Verlag

DRUCK: docupoint GmbH, Magdeburg

GESTALTUNG: Claudia Ott Grafischer Entwurf, Düsseldorf

Copyright Lexicon ©1992 by The Enschedé Font Foundry.

Lexicon® is a Registered Trademark of The Enschedé Font Foundry.

INHALT

NICOLA MÖSSNER Zur Einführung – Visualisierung und Erkenntnis	9
KLAUS SACHS-HOMBACH Bilder in der Wissenschaft	31
OLIVER R. SCHOLZ Bilder in Wissenschaften, Design und Technik – Grundlegende Formen und Funktionen	43
DIMITRI LIEBSCH >Uneigentliche< Bilder. Zur (historischen) Bildsemantik und -metaphorik	58
MARTINA HESSLER Visuelles Denken und ästhetisches Handeln. Überlegungen zur Logik der Bilder	81
NICOLA MÖSSNER Die Realität wissenschaftlicher Bilder	96
STEFAN BAGUSCHE Nicht-sprachliche Logiken	113
ROLF F. NOHR Nützliche Bilder. Bilddidaktik und das Mäandern der Diskurse	148
MARTIN LEMKE / TOBIAS BREIDENMOSER / MANFRED DRACK / FYNN OLE ENGLER Klassifikation von wissenschaftlichen Darstellungen	178

ANDREAS MÜLLER / JOCHEN KUHN / ALWINE LENZNER / WOLFGANG SCHNOTZ	207
Schöne Bilder in den Naturwissenschaften: motivierend, anregend oder doch nur schmückendes Beiwerk?	
THORSTEN RATZKA	237
Die Fenster zum Himmel	
PETER HUCKLENBROICH	265
Gedankenlesen mittels Neuroimaging? – Zur Wissenschaftstheorie bildgebender Verfahren in Medizin und Neurowissenschaft	
DIETER G. WEISS	295
Das neue Bild der Zelle: Wechsel der Sichtweisen in der Zellbiologie durch neue Mikroskopieverfahren	
JÖRG R. J. SCHIRRA	329
Sind Bilder ein Gegenstand der Informatik? Überlegungen zur Computervisualistik	
Verzeichnis der Bildquellen	360
Autorenverzeichnis	364
Sach- und Personenregister	373

Visuelle Kommunikation

DIMITRI LIEBSCH / NICOLA MÖSSNER (Hrsg.)

Visualisierung und Erkenntnis. Bildverstehen und Bildverwenden in Natur- und Geisteswissenschaften

2012, 350 S., 54 Abb., 6 Tab., Broschur, dt.

EUR(D) 32,00 / EUR(A) 32,75 / sFr. 53,40

ISBN 978-3-86962-053-4

Visualisierung und Erkenntnis

Dimitri Liebsch
Nicola Mössner (Hrsg.)
Bildverstehen
und Bildverwenden
in Natur- und Geistes-
wissenschaften

HERBERT VON HALEM VERLAG

Bilder, Grafiken, Fotografien, Zeichnungen – tagtäglich sind wir von einer Vielzahl visueller Informationsträger umgeben. Besonders die neuen Medien haben uns ein Tor zu einer beinahe unüberschaubaren Reichhaltigkeit der Bilderzeugung und -verbreitung geöffnet. Auch in der Wissenschaft spielen Visualisierungen eine immer wichtigere Rolle. Sie sind zum einen Gegenstand der Forschung und zum anderen unverzichtbares Hilfsmittel bei der Präsentation von Forschungsergebnissen. Daraus folgt eine Reihe von unterschiedlichen Verwendungszwecken und Funktionen von Visualisierungen, die den Wissenschaftlern verschiedene Kompetenzen abverlangen. Sie müssen Visualisierungen nicht nur korrekt auswerten und interpretieren können, sondern auch die Fähigkeit besitzen, diese zielgruppenorientiert und ihrer Forschung angemessen zu kommunizieren.

Ziel des vorliegenden Sammelbandes *Visualisierung und Erkenntnis* ist es, dazu beizutragen, die Forschung mit und an Visualisierungen in den Einzelwissenschaften auf eine reflektierte Basis zu stellen. Zu diesem Zweck werden nicht nur die wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Grundlagen und Herausforderungen, die die Verwendung von Visualisierungen mit sich bringt, beleuchtet, sondern auch die Rolle der Visualisierungen im konkreten Anwendungsfall betrachtet.



HERBERT VON HALEM VERLAG

Lindenstr. 19 · 50674 Köln
<http://www.halem-verlag.de>
info@halem-verlag.de

NICOLA MÖSSNER

Zur Einführung – Visualisierung und Erkenntnis

1. Einleitung

In der Informationsgesellschaft der Gegenwart sind wir umgeben von Medien der unterschiedlichsten Art (vgl. FAULSTICH 2002: 24f.). Wir arbeiten mit ihnen, wir nutzen sie in unserer Freizeit. Informations*konsum* und Informations*erstellung* werden durch sie gleichermaßen bewerkstelligt. »Wir sind [...] gleichzeitig sowohl Partizipanten als auch Leser, Hörer, Zuschauer und Anwender/User« (ebd.: 326). Längst geht es dabei nicht mehr nur um sprachliche Texte – in Laut und Schrift vermittelt –, sondern ebenso um eine Vielzahl unterschiedlichster visueller Informationsträger:¹ Grafiken, Zeichnungen, Fotografien, Diagramme, bewegte Bilder usf. Nicht zufällig hat sich daher das Schlagwort »visual culture« etabliert: »Human experience is now more visual and visualized than ever before« (MIRZOEFF 1999: 1). Insbesondere die neuen Technologien des Computerzeitalters haben uns ein Tor zu einer beinahe unüberschaubaren Reichhaltigkeit an Möglichkeiten der Bilderzeugung und -verarbeitung geöffnet. Man muss heutzutage kein Künstler mehr sein, um eigene Bilder am Com-

1 Sicherlich kann man auch die Schrift als visuellen Informationsträger betrachten. Schließlich muss das geschriebene Wort erst gelesen, also mittels der Wahrnehmung visuell erfasst werden, bevor es in die kognitive Verarbeitung des Rezipienten eingeht. Nichtsdestotrotz soll hier am üblichen Sprachgebrauch festgehalten werden, der insbesondere den bildhaften Informationsträgern einen visuellen Charakter zuschreibt.

puter zu erstellen, zu manipulieren und zu verbreiten. Digitalfotografie und Bildbearbeitungsprogramme wie z. B. Photoshop ermöglichen auch dem interessierten Laien eine große Vielzahl an Bildhandlungen, die in früheren Jahren lediglich dem Experten vorbehalten waren. Das Internet mit seinen vielfältigen Kommunikationskanälen verhilft ferner zu einer schier umfassenden Verbreitung dieser Visualisierungen.

Eine Konsequenz dieser Entwicklung ist es, dass mittlerweile häufig nicht mehr die Frage eine Rolle spielt, ob es *überhaupt* ein Bild, eine Grafik etc. zu einem bestimmten Thema gibt. Wichtiger ist es inzwischen, wie man mit der Flut an Visualisierungen umgehen soll. Hat man beispielsweise früher – nach einem Urlaub – den Film seines Fotoapparats zum Entwickeln gebracht, ergab das im besten Fall 36 Bilder. Heute bringt man dagegen schnell einige hundert *digitale* Bilder aus den letzten Ferien mit nach Hause. Entsprechend haben sich die damit verbundenen Probleme gewandelt. Hatte man früher evtl. Sorge, von einem wichtigen Ereignis – der Einschulung der Kinder, der Silbernen Hochzeit der Eltern etc. – keine oder zumindest keine *guten* Bilder zu besitzen, stellt sich heute das Problem, wie man mit der enormen Menge an verfügbaren Bildern umgehen soll. Wo und wie sollen diese auf dem Computer gespeichert werden? Wie kann man mit dem Problem der begrenzten Speicherkapazität elektronischer Medien umgehen? Und wie kann man sicherstellen, dass man später in der riesigen Datenmenge auch noch das *richtige* Bild wiederfindet?

Nicht verschont geblieben von dieser Entwicklung ist auch der Wissenschaftssektor unserer Gesellschaft. Gerade in den verschiedenen Einzelwissenschaften spielen Visualisierungen² eine (zunehmend) wichtige Rolle. Häufig sind sie gleichermaßen *Gegenstand* der Forschung (z. B. bei der Auswertung von Instrumentenbildern, wie sie moderne Mikroskope oder Teleskope, aber auch Röntgengeräte oder MRT-Geräte/Kernspintomografen etc. liefern) als auch deren *Resultat* (z. B. integriert als Abbildung in wissenschaftlichen Publikationen und Vortragsfolien). In vielen Bereichen werden darüber hinaus Messdaten visualisiert, um in der Menge

2 Da in den Wissenschaften eine Vielzahl von (mehr oder weniger) bildhaften Darstellungen eine Rolle spielt (Fotografien genauso wie Diagramme; Zeichnungen ebenso wie Karten; Computergrafiken in derselben Weise wie Röntgenbilder usw.), erscheint es aus sprachökonomischen Gründen einfacher, *Visualisierung* als übergeordneten Begriff einzuführen und im Folgenden zu verwenden. Darüber hinaus wird mit seinem Gebrauch eine zu große Nähe zum Bildbegriff der philosophischen Debatte vermieden.

an Ergebnisdaten beispielsweise Übereinstimmungen feststellen (vgl. SCHICKORE 1999: 279ff.) oder auch Fehler identifizieren zu können (vgl. FRERCKS 2009: 127). Eine genaue Analyse der wissenschaftlichen Praxis offenbart darüber hinaus eine ganze Reihe an unterschiedlichen Verwendungskontexten und Funktionen der Visualisierungen.³

Diese Sachlage führt dazu, dass an heutige Wissenschaftler die Forderung einer mehrfachen Kompetenz herangetragen wird. So sollen sie nicht nur in der Lage sein, die gewonnenen Visualisierungen korrekt zu interpretieren und auszuwerten – was bereits eine Kompetenz im kritisch reflektierten Umgang mit den bildlichen Daten voraussetzt. Sie sollen häufig ebenso die Fähigkeit besitzen, die relevanten Visualisierungen in ihrem Forschungsvorhaben zu erzeugen und zielgruppenorientiert zu kommunizieren. Dies mag das Programmieren der relevanten Software ebenso implizieren wie einen adäquaten Umgang mit Präsentationsmedien wie PowerPoint oder dem Internet.⁴

An den vielfältigen Kontexten, in denen Visualisierungen in den Wissenschaften auftreten, wird deutlich, dass ihnen *zwar auch, aber eben nicht nur* die Funktion des »eye-catchers« in der wissenschaftlichen Publikation zukommt. Vielmehr offenbart gerade ihre Verwendung in den unterschiedlichen kommunikativen Zusammenhängen (Kommunikation zwischen Experten und zwischen Experten und Laien) auch ihre epistemische Funktion. Visualisierungen werden zur *Wissensvermittlung* eingesetzt (vgl. z. B. FRERCKS 2009: 128f. sowie insbesondere die Beiträge von SACHS-HOMBACH und MÜLLER et al. in diesem Band). Darüber hinaus treten Visualisierun-

3 Eine ganze Reihe weiterer Funktionen von Visualisierungen in den Wissenschaften thematisiert Jan Frercks auf der Basis zweier Fallstudien: (a) zur visuellen Modellierung der Marsoberfläche am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt sowie (b) zur Computersimulation (»Millenium-Simulation«) der Verteilung der Dunklen Materie im Universum (sowie weiterer Simulationen »unsichtbarer« Vorgänge im Universum) am Max-Planck-Institut für Astrophysik (vgl. FRERCKS 2009: 127ff.).

4 Ergänzt werden muss, dass dieses Phänomen nicht auf den Sektor der Wissenschaften beschränkt ist. Durch die bereits angesprochene ubiquitäre Verbreitung unterschiedlichster Medien steht zumindest in den westlichen Gesellschaften der Gegenwart fast jeder vor den vielfältigen Herausforderungen der neuen Medienwelt. Die damit zusammenhängenden Problemstellungen werden gewöhnlich unter dem Begriff »Medienkompetenz« behandelt. Gefragt wird, welche Kompetenzen im Hinblick auf einen kritischen Umgang mit Medien – als Rezipient und Produzent – vom Einzelsubjekt erwartet werden können, aber auch gefordert werden sollten und auf welche Weise diese Kompetenzen in der Gesellschaft vermittelt werden können (zum Begriff der Medienkompetenz vgl. GROEBEN/HURRELMANN 2002; insbesondere der Beitrag von GROEBEN 2002 in demselben Band vermittelt einen guten Überblick über die verschiedenen Facetten des Begriffs).

gen als eigenständige Forschungsobjekte im Prozess der Erkenntnisgewinnung auf (vgl. z. B. die Beiträge von RATZKA, HUCKLENBROICH und WEISS in diesem Band). Sie sind damit oftmals einerseits selbst *Bezugspunkt der Fragestellungen* des Wissenschaftlers. Beispielsweise kann mit Hilfe von Fotografien die Bewegung eines Objekts am Nachthimmel über einen sehr langen Zeitraum genau verfolgt und so ein neuer Asteroid oder Komet etc. entdeckt werden. Ebenso kann aber auch die kritische Frage gestellt werden, ob die Visualisierung dem Wissenschaftler wirklich das Objekt zeigt, das er untersuchen will, oder ob es sich bei der Darstellung lediglich um künstliche Artefakte⁵ des Instruments handelt (vgl. die Beiträge von MÖSSNER und LEMKE et al. in diesem Band). Andererseits stellen Visualisierungen oft eine *vermittelnde Instanz* zwischen Forschungsobjekt und Beobachter dar, wenn beispielsweise mithilfe von Instrumenten Eigenschaften eines Objekts sichtbar gemacht werden, die dem bloßen Augen nicht zugänglich wären (Aufnahmen im Infrarot-Bereich, Röntgenbilder, MRT-Bilder etc.).

Zu den Ausgangspunkten des vorliegenden Bandes *Visualisierung und Erkenntnis. Bildverstehen und Bildverwenden in Natur- und Geisteswissenschaften* zählt die Feststellung, dass Visualisierungen im Prozess der Wissenschaft von hohem epistemischen Wert sind. Ziel des Bandes ist es, dazu beizutragen, die Forschung mit und an Visualisierungen in den Einzelwissenschaften auf eine *reflektierte* Basis stellen zu können. Zu diesem Zweck wurde der Versuch unternommen, jene akademischen Disziplinen, die sich auf der theoretischen Ebene mit dem Phänomen der Visualisierung und seinen Einflussgrößen auseinandersetzen, mit den Wissenschaftspraktikern zu vernetzen. Dementsprechend sind die Beiträge dieses Bandes in zwei Hauptkategorien unterteilt, in *Bildverstehen* und *Bildverwenden*.

Im ersten Beitragsblock steht die theoretische Reflexion der Visualisierung im Vordergrund. Unter Beteiligung von Beiträgen aus der Philosophie, der Bildwissenschaft, der Technikgeschichte und der Medienwissenschaft wird hier der Frage nach dem epistemischen Leistungsvermögen von Visualisierungen im wissenschaftlichen Kontext nachgegangen. Welche Funktionen übernehmen sie (vgl. den Beitrag von SACHS-HOMBACH)? An

5 Unter *Artefakten* werden hier künstlich durch das Instrument hervorgerufene Wahrnehmungseindrücke verstanden. Oftmals handelt es sich um Fehlinterpretationen des vermeintlich Gesehenen durch die Wissenschaftler. Beispielsweise können beim Mikroskopieren Farbrückstände im Präparat auftreten, die fälschlicherweise als eigenständige Entität gedeutet werden können.

welchen Punkten des Forschungsprozesses kommen sie zum Tragen? Welche Vor- und Nachteile sind mit dem Einsatz von Visualisierungen verbunden? Gibt es evtl. inhärente – z. B. logische – Beschränkungen, die bei der Verwendung von Visualisierungen zur Wissenskommunikation bedacht werden müssen (vgl. die Beiträge von BAGUSCHE, HESSLER, MÖSSNER)? Welche Besonderheiten der Sinnvermittlung müssen im Hinblick auf einen epistemischen Gebrauchskontext von Visualisierungen berücksichtigt werden (vgl. den Beitrag von HESSLER)? Inwiefern tauchen Visualisierungen auch in metaphorischer Verwendung in den Wissenschaften auf und welchen Nutzen bringen sie in einer derartigen Verwendungsweise (vgl. den Beitrag von LIEBSCH)? Untersucht werden ebenfalls die Voraussetzungen, die uns eine Beurteilung der epistemischen Leistungsfähigkeit von Visualisierungen überhaupt erst ermöglichen – insbesondere die Frage danach, was die Bedingungen bildhafter Darstellung⁶ speziell im wissenschaftlichen Kontext sind (vgl. die Beiträge von SCHOLZ, LIEBSCH und LEMKE et al.). Schließlich wird auch die Diskursebene betreten und hinterfragt, inwiefern Visualisierungen als kommunikatives Bindeglied zwischen unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen, zwischen dem Diskurs der Experten und jenem der Laien fungieren können (vgl. den Beitrag von NOHR).

Im zweiten Teil – dem *Bildverwenden* – präsentieren Praktiker der Einzelwissenschaften Untersuchungen dazu, an welchen Punkten des Forschungsprozesses ihrer Disziplin welche Formen der Visualisierung und zu welchem Zweck ins Spiel kommen. Hier beschreiben die Wissenschaftler selbst, wie sich durch den Einsatz unterschiedlicher Visualisierungsverfahren beispielsweise die Beobachtungsmethoden der Einzelwissenschaften verändert haben und welche neuen Fragestellungen und auch Probleme mit dem Einsatz von Visualisierungen in ihren fachlichen Gebieten entstanden sind. Zu den Disziplinen, die in diesem Abschnitt versammelt sind, zählen die psychologisch orientierte Naturwissenschaftsdidaktik (vgl. den Beitrag von MÜLLER et al.), die Astrophysik (vgl. den Beitrag von

6 Es muss angefügt werden, dass der Schwerpunkt der Auseinandersetzung jedoch nicht auf diesem Aspekt liegt, da insbesondere im Bereich der philosophischen Forschung auf eine umfangreiche, bereits bestehende Forschungsliteratur zu der allgemeinen Fragestellung, was ein Bild/eine bildhafte Darstellung ausmacht, verwiesen werden kann (vgl. z. B. ABELL/BANTINAKI 2010; GOODMAN 1976; KULVICKI 2006; MITCHELL 1986; SACHS-HOMBACH 2006; SCHOLZ 2009). Für die Beiträge in diesem Band ist dagegen entscheidend, dass *wissenschaftliche* Visualisierungen betrachtet werden.

RATZKA), die Medizin (vgl. den Beitrag von HUCKLENBROICH), die Mikrobiologie (vgl. den Beitrag von WEISS) sowie die Computervisualistik (vgl. den Beitrag von SCHIRRA).

2. Die Beiträge

Den Auftakt der Beiträge zum *Bildverstehen* bildet der Artikel von KLAUS SACHS-HOMBACH. Er diskutiert die Frage, welche epistemische Funktionen Bildern im Kontext wissenschaftlicher Forschung zukommen können. Zur Klärung dieser Frage unterscheidet er zwischen verschiedenen Kontexten, in welchen Bilder hier auftreten bzw. ins Spiel gebracht werden können.

Zunächst differenziert Sachs-Hombach zwischen Entdeckungs- und Begründungskontext. Treten Bilder im Entdeckungskontext der wissenschaftlichen Arbeit auf, kommt ihnen zumeist auch die Funktion einer empirischen Basis für die Forschung zu. Bilder repräsentieren hier die Ergebnisse von Messinstrumenten. Statt der Auswertung numerischer Daten unternimmt der Forscher dementsprechend die Evaluation von Messkurven, Diagrammen, Fotografien etc. Dagegen werden wir im Kontext wissenschaftlicher Begründungen gleich zu Beginn vom Autor auf das Problem gestoßen, welche Funktion Bilder *überhaupt* in diesem offenbar doch verbalsprachlich dominierten Umfeld übernehmen können. Sachs-Hombach geht hier u. a. kurz auf den Punkt ein, ob es so etwas wie »visuelle Argumente« in den Wissenschaften geben könne bzw. was man darunter verstehen solle. Als dritten Kontext, in welchem Bildern eine wichtige Rolle zugesprochen werden kann, behandelt er schließlich den kommunikativen, also jenen der Vermittlung wissenschaftlicher Erkenntnis.

Anhand ausgewählter Beispiele untersucht Sachs-Hombach darüber hinaus einige Probleme, die sich aus der Rolle von Bildern in den genannten drei Bereichen ergeben können. Beispielsweise wird analysiert, inwiefern das Problem der Referenz den Status von Fotografien als empirische Belege und damit als Basis für die wissenschaftliche Forschung beeinträchtigen könnte. Das hier betrachtete Referenzproblem wird auch im Beitrag von Nicola Mößner aufgegriffen und in die wissenschaftstheoretische Debatte zwischen wissenschaftlichen Realisten und Konstruktivisten eingebettet.

Sachs-Hombach schließt seinen Beitrag mit dem Hinweis, dass eine Auseinandersetzung mit der epistemischen Funktion und dem epistemi-

schen Wert von Bildern stets auch eine entsprechende *Bildkritik* enthalten sollte, die sich den angesprochenen und verwandten Problemstellungen widme. Erwecken Bilder beispielsweise den Eindruck, aufgrund ihrer Wahrnehmungsnahe intuitiv verständlich zu sein, müsse man sich doch stets bewusst machen, dass es sich bei ihnen letztlich um interpretationsbedürftige Zeichen handele.

OLIVER R. SCHOLZ schlägt in seinem Beitrag eine Theorie wissenschaftlicher Bilder vor, die vor allem klären soll, (a) was das wesentliche Merkmal von Bildern ist, (b) welche Handlungen man mit Bildern vollziehen kann und (c) welcher kognitive Wert Bildern zukommt. Geleitet wird diese Analyse von den beiden Fragen: Was kennzeichnet wissenschaftliche Bildverwendung, und was kann man aus Bildern lernen? Am Anfang seiner Untersuchung steht eine kritische Auseinandersetzung mit der herkömmlichen Abbild-Theorie bildhafter Darstellung. Insbesondere arbeitet Scholz heraus, dass eine wesentliche Schwäche dieser Theorie darin besteht, dass sie nur eine Ausrichtungsform der Repräsentation zulässt – nämlich jene, die von der Welt auf das Bild führt. Vorausgesetzt wird hier demnach stets, dass es bereits ein Objekt in der Welt gebe, das im zweiten Schritt in der bildhaften Darstellung festgehalten werde. Dies ist jedoch längst nicht immer der Fall, wie Scholz zeigt. Gerade im Bereich des Designs, des Handwerks, aber auch in den Wissenschaften treffen wir häufig den gegenteiligen Fall an, wenn beispielsweise in einem Lehrbuch der Versuchsaufbau skizziert wurde, nach welchem das Experiment zur Überprüfung der Theorie erst noch in der realen Welt durch den Studenten oder Forscher aufgebaut werden muss.

Will man verstehen, wie man aus Bildern etwas lernen kann, muss man sich jedoch nicht nur des Umstands bewusst sein, dass sie in den beiden genannten (Ausrichtungs-)Kontexten auftreten können. Es muss ferner auch ein Verständnis davon gegeben sein, was ein Bild überhaupt ist. Auch zu diesem Punkt bietet Scholz in seinem Beitrag einen Theorievorschlag in insgesamt acht Teilthesen an. Seine Überlegungen basieren dabei auf dem strukturellen Ansatz von Nelson Goodman zur Erklärung, was das Entscheidende der bildhaften Darstellung ausmacht. Bilder werden hier als Elemente von Systemen betrachtet. Die Charakterisierung der bildhaften Darstellung verläuft dementsprechend über die Eigenschaften dieser Bildsysteme im Unterschied zu anderen Zeichensystemen – wie z. B. jenem der natürlichen Sprache. Scholz adaptiert diese zeichentheoretischen Annahmen und erweitert die sich auf dieser Basis ergebende Theorie bildhaf-

ter Darstellung um den wesentlichen Punkt des Gebrauchs. So wird ein Zeichen nicht vermittelt einer irgendwie natürlichen Verbindung zum bezeichneten Objekt (z. B. durch eine Kausalrelation) zu einem Bild, sondern vermittelt bestimmter Konventionen, die im sozialen Umgang mit diesen Zeichen festgelegt wurden. Scholz identifiziert dabei eine ganze Reihe von Konventionen, die im Falle der bildhaften Darstellung relevant sind. Zusammengenommen führen ihn diese Punkte zu der These, dass die Rolle wissenschaftlicher Bilder am einfachsten mithilfe des an Wittgenstein angelehnten Begriffs »Bildspiel« analysiert werden können.

Im Beitrag von DIMITRI LIEBSCH werden die in den Artikeln von Sachs-Hombach und Scholz gegebenen Bestimmungen des Bildbegriffs in den Wissenschaften um eine Analyse des metaphorischen Gebrauchs dieses Begriffs in unterschiedlichen Epochen, gesellschaftlichen Bereichen und der wissenschaftlichen Analyse ergänzt. Das Phänomen der Bildmetaphorik wird von Liebsch mit dem Terminus »uneigentliche« Bilder« bezeichnet.

Seine Überlegungen gehen dabei aus von der Proklamation des »pictorial« und »iconic turn« in den Kunstwissenschaften der 1990er-Jahre. Damit wurde nicht nur eine nachhaltige Wende zum Bild als Gegenstand beansprucht, sondern auch eine Art ›bildliches Denken‹ zur Methode der Zukunft erhoben. Konkret setzt Liebsch sich hier mit den Arbeiten von William J. T. Mitchell und Gottfried Boehm auseinander, gegenüber deren Thesen er gewisse Zweifel hegt. So stellt er infrage, inwiefern die Hinwendung zum Bild in einem methodologischen Sinne überhaupt als Neuerung verstanden werden könne. In seinem Beitrag führt er aus, dass eine solche Annahme nur auf einem verkürzten Bildbegriff – jenem des materialen Artefakts – fußen kann. Nimmt man als Analyseverfahren jedoch die historische Semantik und die Metaphorologie hinzu, so zeigt sich, dass sich die Wissenschaften in ihrer Geschichte schon immer durch den Rückgriff auf das Bild haben inspirieren lassen.

Liebsch untersucht im Kontext dieser Fragestellung zunächst den Bereich der philosophischen Ontologie und wendet sich hier den Arbeiten von Platon zu. Dessen Behandlung der Bildthematik führt auf ein offenkundiges Spannungsverhältnis zwischen der Abwertung des materialen Abbildes auf der einen Seite und der Aufwertung der Urbild-Abbild-Beziehung im Rahmen seiner Ideenlehre. Nicht weniger spannungsreich erweist sich auch der zweite Analysekontext von Liebschs Untersuchung: die Theologie. Einerseits wird im Rahmen des byzantinischen Bilderstreites, so das Beispiel, versucht, Abbilder – im Sinne von Kultbildern

(Ikonen) etc. – aus der religiösen Praxis zu verbannen. Andererseits bleibt die Redeweise der Kleriker nichtsdestotrotz dem Bildbegriff verhaftet. Nach wie vor wird in diesem Kontext mit der Metapher des Abbilds die Eucharistie (Jesu Leib im Brot und Jesu Blut im Wein) begründet. Ein drittes Analysefeld führt Liebsch schließlich zum Bereich der mentalen Bilder. Er betrachtet hier Disziplinen, die sich mit menschlicher Wahrnehmung, Vorstellung, Erinnerung und Fantasie befassen. Dazu zählen die Mnemotechnik und die Psychologie ebenso wie die Erkenntnistheorie. Deutlich wird, dass auch in diesem Umfeld der Begriff des Bildes in der metaphorischen Verwendung – als »uneigentliches« Bild« – eine lange Verwendungstradition hat. Nimmt man die Resultate all dieser Analysekontexte schließlich zusammen und prüft auch die Tragfähigkeit des vermeintlichen »bildlichen Denkens« kritisch, so kann von einem *aktuellen* »turn« – einem »pictorial« oder »iconic turn«, wie Mitchell und Boehm ihn postulieren – nicht mehr die Rede sein.

Nach diesen Ausführungen zum Bildbegriff bei Scholz und Liebsch kehren wir mit dem Beitrag von MARTINA HESSLER zur Frage nach der epistemischen Leistungsfähigkeit von Visualisierungen zurück. Sie thematisiert den Begriff der visuellen Erkenntnis. Als eine Vorbedingung hierfür wird die Frage nach einer Logik der Bilder aufgeworfen. Der Klärung dieser Frage widmet sich auch der Beitrag von Stefan Bagusche – allerdings aus einer formallogischen Perspektive. Heßler dagegen erläutert zunächst, warum für eine Logik des Bildlichen in der traditionellen Logikauffassung scheinbar kein Platz ist. Gleichzeitig macht sie darauf aufmerksam, dass es im Bereich der Kunst offenbar nicht unüblich zu sein scheint, den Bereich der Ratio, der von den Traditionalisten dem logischen Urteil – zumindest in weiten Teilen – vorbehalten bleiben sollte, dem Bild zugänglich zu machen. Künstler denken visuell, so die These. Bilder würden demnach unmittelbar auf der Ebene der verstandesmäßigen Einsicht eine Rolle spielen. An dieser Stelle entsteht nun üblicherweise die Auseinandersetzung darüber, auf welche Art und Weise unsere kognitiven Prozesse verfasst sind: Denken wir sprachlich oder bildlich oder tun wir beides? Diese Fragen entstehen laut Heßler aber nur, weil wir den traditionellen Logikbegriff – insbesondere mit der Zweiwertigkeit von wahr und falsch – auf den Bereich des Bildlichen anwenden. Die Angemessenheit dieser Anwendung könne aber durchaus angezweifelt werden. Dementsprechend gelte es, eine Logik des Bildlichen zu entwerfen, die den Besonderheiten dieser Repräsentationsform besser entspreche, als es die traditionelle Logik könne.

Als der Kern einer solchen Logik wird im Weiteren das ästhetische Handeln vorgeschlagen, welches aus zwei Komponenten zusammengesetzt ist. Vor allem, wenn wir uns den Wissenschaften zuwenden und dort nach der Möglichkeit visueller Erkenntnis fragen, werden wir mit einem nach wie vor starken Primat des Seh-Sinns konfrontiert, so die These. Das Auge gilt mithin als Prüfungs- und Entscheidungsinstanz. Die Suche nach Mustern, nach Übereinstimmungen und Abweichungen sei hier von besonderer Relevanz. Dies – das prüfende Auge – ist dementsprechend die eine Komponente einer Logik des Bildlichen, wie wir sie für ein Verständnis visueller Erkenntnis in den Wissenschaften benötigen. Mit der zweiten Komponente bringt Heßler einen Aspekt in die Diskussion ein, mit dem sich ihr Beitrag von allen anderen Texten des Bandes unterscheidet. Sie erläutert nämlich, inwiefern man annehmen könne, dass Bilder mit ästhetischen Mitteln Sinn erzeugen, also durch Linien, Formen, Farben etc. Anhand einiger Beispiele aus der Astronomie wird dieses Konzept der visuellen Sinnerzeugung genauer erläutert. Das visuelle Denken, das Sehen als Erkenntnisform, wird dabei als komplementär zu diesem ästhetischen Handeln verstanden.

Sie schließt ihre Ausführungen mit der Überlegung, dass (trotz der gegenteiligen Anforderung an Repräsentationen in den Wissenschaften) Bildern häufig eine gewisse Unschärfe und Uneindeutigkeit zu eigen sei und dass es oftmals gerade diese Eigenschaft sei, durch welche Bilder einen eigenen Sinn erzeugen würden.

Im Anschluss daran führt uns der Beitrag von NICOLA MÖSSNER in den Bereich der wissenschaftstheoretischen Analyse von Visualisierungen. Untersucht wird hier als ein konkretes Problem wissenschaftlicher Visualisierungen die Frage nach ihrem referenziellen Status.

Ein Merkmal vieler Arten wissenschaftlicher Visualisierungen besteht darin, dass sie bis dato nur theoretisch erfasste Entitäten sichtbar machen. Sie scheinen daher, die Grenze zwischen Beobachtbarem und Unbeobachtbarem in entscheidender Weise zu verschieben. Mößner weist in diesem Zusammenhang auf eine aus wissenschaftstheoretischer Perspektive erstaunliche Entwicklung hin: Viele Autoren, die sich mit Bildern oder, genauer noch, mit Visualisierungen in den Wissenschaften befassen, adaptieren mehr oder weniger kritiklos eine stark konstruktivistische These, wie sie im Bereich der sogenannten Science Studies entwickelt wurde. Sie besagt, dass die Visualisierungen erst in ihrem Produktionsprozess zur Erschaffung des Forschungsobjekts führen, dieses folglich nicht unabhängig

von ihnen und der Arbeit der Wissenschaftler in der Welt existiere. Anhand der Ausführungen von Bruno Latour wird diese konstruktivistische These zunächst genauer im Beitrag erläutert, um sie dann einer kritischen Analyse zu unterziehen. Zu diesem Zweck wird zuerst untersucht, inwiefern es dazu kommen konnte, eine konstruktivistische Position im Hinblick auf den referenziellen Status wissenschaftlicher Visualisierungen zu vertreten. Aufgegriffen wird an dieser Stelle die von Martina Heßler in einem früheren Artikel vertretene Auffassung von der *doppelten Unsichtbarkeit der Visualisierungen*, die sich einerseits auf die zugrunde liegenden Rechenalgorithmen zu ihrer Erzeugung und andererseits auf die Unbeobachtbarkeit der visualisierten Entitäten mit dem bloßen Auge bezieht.

An diesem Punkt stellt sich die Frage, ob es neben dem Konstruktivismus noch eine alternative Theorie gibt, um das Referenzproblem wissenschaftlicher Visualisierungen und damit die Frage nach ihrem Status im Erkenntnisprozess zu thematisieren. Mößner schlägt im Folgenden den wissenschaftlichen Realismus als Alternative vor. Sie erläutert kurz die Thesen der wissenschaftlichen Realisten und weist darauf hin, dass auch in dieser Debatte die Unterscheidung zwischen Unbeobachtbarem und Beobachtbarem eine wesentliche Rolle spielt. Während, vereinfacht gesprochen, wissenschaftliche Realisten davon ausgehen, dass unsere wissenschaftlichen Theorien uns auch erfolgreich zu Wissen über das Unbeobachtbare führen können, wird diese Ansicht von den wissenschaftlichen Anti-Realisten bestritten. An dieser Stelle besteht nun eine unmittelbare Verbindung zum Referenzproblem wissenschaftlicher Visualisierungen, die in der gegenwärtigen Debatte aber kaum Berücksichtigung findet. Die Argumente zur Verteidigung des wissenschaftlichen Realismus können nämlich ebenfalls zur Stützung der These verwendet werden, dass wissenschaftliche Visualisierungen tatsächlich etwas über Entitäten und Prozesse in der wirklichen Welt aussagen können und nicht bloß Konstruktionen des Wissenschaftlers darstellen.

Ausgehend von der Feststellung, dass in der Logik Diagramme, Bilder und andere nicht-sprachliche Zeichen bislang nur eine untergeordnete Rolle spielen, setzt sich dann STEFAN BAGUSCHE mit der Frage auseinander, ob es auch *nicht-sprachliche Logiken* geben könne. Zunächst scheint erst einmal nichts gegen diese Möglichkeit zu sprechen. So können beispielsweise Allaussagen, wie sie für die Formulierung von Gesetzen in den Wissenschaften eine wichtige Rolle spielen, gleichermaßen sprachlich als auch diagrammatisch gefasst werden. Trotzdem sind die Definitionen der

logischen Begriffe im Regelfall auf Sätze oder Propositionen zugeschnitten. Nicht-sprachliche Repräsentationen, so Bagusches Feststellung, dienen bestenfalls als Illustrationen am Rande. Es stellt sich daher die Frage, ob es für diese Vorgehensweise rationale Gründe gibt.

Die Beantwortung dieser grundsätzlichen Frage erfolgt in drei Schritten. Zunächst wendet sich Bagusche dem bereits angesprochenen Teilaspekt zu, ob es überhaupt möglich ist, nicht-sprachliche Logiken zu entwickeln. Seine Vorgehensweise ist dabei jener von Martina Heßler, die in ihrem Beitrag ebenfalls nach einer Logik des Bildes fragt, diametral entgegengesetzt. Während Heßler von den Eigenarten und der Leistungsfähigkeit der Bilder ausgeht, wählt Bagusche als Ausgangspunkt die formalen Gesichtspunkte bestehender Logiksysteme. Dementsprechend untersucht er, welche Elemente konstitutiv für ein logisches System sind, und diskutiert, ob die jeweilige Aufgabe dieser Elemente auch von nicht-sprachlichen Zeichen übernommen werden könnten. Exemplarisch betrachtet werden dabei zwei konstruierte Zeichensysteme (»Strich« und »Euler«). Im zweiten Schritt nimmt Bagusche die Möglichkeit des Bestehens nicht-sprachlicher Logiken an und fragt, ob diese ebenso *sicher* wie ihre sprachlichen Gegenstücke sind. Gemeint ist hiermit, ob sich in solchen Systemen der logische Folgerungsbegriff – als ein wesentliches Charakteristikum logischer Systeme – präzise abbilden lässt. Und schließlich kommt im dritten Schritt der Analyse ein pragmatischer Aspekt zum Tragen, nämlich wenn es um die Frage geht, ob sich nicht-sprachliche Logiken genauso gut handhaben lassen wie ihre sprachlichen Gegenstücke. Insbesondere wird untersucht, ob solche nicht-sprachlichen Systeme ebenso gut dazu geeignet sind, *in der praktischen Handhabung* die logische Folgerungsbeziehung nachzuweisen, wie die sprachlichen Konkurrenzsysteme. Bagusche thematisiert dabei eine ganze Reihe von Vergleichsebenen zwischen den beiden Systemarten und die damit jeweils korrelierten Schwierigkeiten. Beispielsweise kann nach der Effizienz der jeweiligen Beweisbegriffe gefragt werden, also der Kürze, in welcher diese mit dem gegebenen Zeichenmaterial ausgedrückt werden können.

Abschließend hält Bagusche fest, dass es in der Tat möglich ist, korrekte nicht-sprachliche Logiken zu konstruieren. Allerdings weisen diese oft gewisse praktische Nachteile gegenüber ihren sprachlichen Konkurrenzsystemen auf, sodass häufig den sprachlichen Logiksystemen der Vorzug zu geben ist.

Im Folgenden befasst sich ROLF F. NOHR mit dem Übergang von wissenschaftlichen Bildern und bildgebenden Verfahren in die populäre Kultur.

Untersucht wird die Frage, wie Bilder – insbesondere wissenschaftliche Illustrationen – im wissenschaftlichen Kontext Wissen vermitteln können. Im Gegensatz zu den epistemischen Erwägungen, die Sachs-Hombach und Heßler im Kontext dieser Fragestellung anstellen, steht für Nohr aber das Vorhaben im Vordergrund, wissenschaftliche Bilder als *nützliche Bilder* auszuzeichnen und dementsprechend auch danach zu fragen, was eine solche Kategorie von Bildern z. B. im Vergleich zu künstlerischen Bildern ausmacht. Berücksichtigt werden dabei insbesondere die Entstehung, der Gebrauch und der kulturelle Kontext.

Anhand eines historischen Exkurses untersucht Nohr zunächst die Rolle von Bildern in Lehr- und Lernbüchern. Hier ergeben sich fruchtbare Vergleiche mit den Ausführungen von Andreas Müller et al. zur Verwendung von Bildern im naturwissenschaftlichen Unterricht der Gegenwart. Zur weiteren Analyse nützlicher Bilder und ihrer Merkmale in den Wissenschaften betrachtet Nohr beispielhaft die Arbeiten des Arztes und Wissenschaftsjournalisten Fritz Kahn. Kahns Publikationen aus den 1920er- bis 1960er-Jahren verwendet Nohr, um aufzuzeigen, wie Wissen vom Kontext der Experten in jenen der Laien transferiert wird. Näher beleuchtet wird dabei vor allem die mediale und gesellschaftliche Zirkulation dieser Bilder. Der dabei auftretende Transfer von visuellem Wissen wird als ein Übergang von einem Spezial- zu einem Interdiskurs charakterisiert. Die Rolle des Medialen besteht dann in einem Integrationsverfahren des Interspezialdiskurses. Deutlich wird an der Analyse des Bildeinsatzes in den Veröffentlichungen Kahns insbesondere die Intention, mithilfe dieses visuellen Materials seinen Leser von bestimmten Thesen zu überzeugen. In diesem Sinne versucht Kahn, durch die Ergänzung von Bildmaterial die Evidenz der verbal kommunizierten Thesen zu erhöhen, so die Überlegung Nohrs. Beachtet werden muss dabei jedoch, dass die von Kahn in seinen Publikationen verwendeten Illustrationen für ein bestimmtes Zielpublikum aufbereitet wurden. Sie bilden nicht einfach Forschungsgegenstände oder -resultate ab, sondern sollen einem Laien bestimmte Inhalte vermitteln. Wissen wird in diesem Schritt popularisiert. Beispielsweise bedient sich Kahn der Methode der visuellen Analogiebildung, um spezialwissenschaftliche Erkenntnisse durch eine Verknüpfung mit bereits Bekanntem visuell leichter vermittelbar zu machen.

Vor diesem Hintergrund bildet sich ein komplexer Transformations- und Vermittlungsprozess wissenschaftlichen Wissens heraus. Im Zentrum von Nohrs Untersuchung steht letztlich der Begriff der interdiskursiven Koppelung, wie er z. B. von Siegfried Jäger, Jürgen Link und anderen ver-

wendet wird, um diese komplexe Wissenszirkulation und -transformierung zwischen den verschiedenen Schichten zu beschreiben.

Im letzten Beitrag des ersten Teils wird von den Autoren MARTIN LEMKE, TOBIAS BREIDENMOSER, MANFRED DRACK und FYNN OLE ENGLER ein Klassifikationssystem wissenschaftlicher Bilder entwickelt, das den Wissenschaftspraktiker in seiner Arbeit mit und an Visualisierungen unterstützen soll. Die Grundlage für die Erarbeitung dieses Klassifikationssystems bildet dabei der Beitrag von Dieter G. Weiss in diesem Band.

Lemke et al. gehen von der Annahme aus, dass eine schlichte Definition des Begriffs der Visualisierung (der bildhaften Darstellung etc.), wie sie in der Philosophie oder der Bildwissenschaft gegeben werden kann, dem Forscher im Alltag seiner Laborarbeit nicht nützlich ist. Für den Wissenschaftler gehe es weniger um die Klärung der Frage, was ein Bild ist und was nicht. Wichtiger erscheine für ihn, ob das von ihm erzeugte und benutzte (visuelle) Material besondere Vor- oder Nachteile oder gar Probleme für seine Forschung mit sich bringt. Die Autoren thematisieren in diesem Zusammenhang unter anderem Störquellen, die zur Entstehung von Artefakten in den instrumentell erzeugten Bildern führen können. So besteht ein wesentlicher Zweck des hier präsentierten Klassifikationssystems darin, den Wissenschaftler bei der Identifikation solcher Quellen zu unterstützen und ihm damit zu helfen, einer Verfälschung von Daten durch jene Störfaktoren vorzubeugen.

Zu diesem Zweck erarbeiten Lemke et al. einige Unterscheidungen, die für die Beschäftigung mit wissenschaftlichen Visualisierungen relevant erscheinen. Dabei werden Differenzierungen auf drei Ebenen vorgenommen: Zunächst wird der Entstehungskontext der Visualisierung betrachtet. Hier wird von den Autoren zwischen intendierten und nicht intendierten Darstellungen unterschieden. Auf einer zweiten Ebene werden die internen Eigenschaften einer Darstellung analysiert. Dazu zählen Lemke et al. die folgenden Punkte: Elemente, Juxtapositionen und Abzählbarkeit. Schließlich werden auf der dritten Ebene die externen Eigenschaften der Darstellungen betrachtet. In Anlehnung an Charles Sanders Peirce verweisen die Autoren hier auf die semiotische Unterscheidung zwischen Ikon, Symbol und Index. Thematisiert werden ferner Genauigkeit und Selbstdarstellung als Sonderfälle. Nachfolgend wenden die Autoren diese Unterscheidungen auf den Beispielfall der mikroskopischen Bilder an – also auf das von Weiss in seinem Artikel bereitgestellte Beispielmateriale. Geklärt wird nun, was genau in der Wissenschaftspraxis unter einem Artefakt verstanden wird

und welche Rolle die Differenzierung zwischen digitalen und analogen Visualisierungen in der Mikrobiologie spielt.

Die Autoren – ANDREAS MÜLLER, JOCHEN KUHN, ALWINE LENZNER und WOLFGANG SCHNOTZ – des ersten Beitrags zum Thema *Bildverwenden* setzen sich mit der Verwendung von Visualisierungen in der Wissensvermittlung auseinander. Anders als im Beitrag von Nohr nehmen sie dabei jedoch die Perspektive der *aktuellen* pädagogischen und lernpsychologischen Praxis ein. Untersucht wird hier die Frage, welche Charakteristika Bildern zukommen müssen, damit sie für die Verwendung im naturwissenschaftlichen Unterricht tauglich sind. Die Autoren gehen dabei von der Grundannahme aus, dass zwar einerseits eine zunehmende Konkurrenz zwischen abstraktem, sozusagen ›trockenem‹ Schulunterricht und bildreichen, ›lebendigen‹ Konsummedien bestehe. Andererseits wird die These vertreten, dass Letztere auch eine Chance bieten, den naturwissenschaftlichen Unterricht zu optimieren. Angeregt wird von den Autoren die Idee, den Einsatz von Visualisierungen zu pädagogischen Zwecken an den in den Konsummedien angestrebten und erzielten Bildwirkungen wie Faszination und Ästhetik zu orientieren. Ein durchdachter Einsatz dieser Elemente könne dazu genutzt werden, die Lernsituation und insbesondere die Motivation zum Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht an Schulen positiv zu beeinflussen. Die in diesem Kontext relevante Analyse wird mithilfe der empirischen Lehr-Lern-Forschung durchgeführt. In diesem Sinne besteht der theoretische Rahmen des Beitrages von Müller et al. in einer psychologisch orientierten Naturwissenschaftsdidaktik. Diese ordnet sich ein in einen »affective turn« in der psychologischen Forschung, von dem man etwa seit dem ausgehenden 20. Jahrhundert sprechen kann und der die Wechselwirkung und Gleichberechtigung von kognitiven und affektiven Prozessen in der menschlichen Psychologie betont. Bezogen auf das Thema der Visualisierungen verweisen die Autoren zunächst auf die aus lernpsychologischer Sicht relevante Unterscheidung zwischen *dekorativen und instruktionalen Bildern*. In diesem Zusammenhang werden die Ergebnisse einer empirischen Studie vorgestellt, die sich mit dem Einsatz dekorativer Bilder in der Lehre befasst. Hier werden in der Tat statistisch signifikante und praktisch bedeutsame Wirkungen solcher Visualisierungen auf die Affekte des Lernenden nachgewiesen. Für die Motivation und den Lernerfolg der Schüler zeigt die Studie jedoch uneinheitliche bzw. gar keine Effekte auf, was zunächst für die lernpsychologische Bewertung ein Rätsel darstellt. Zu dessen Lösung ziehen die Autoren weitere theoretische Annahmen hinzu,

und zwar Überlegungen zu »authentischen Lernankern« (dem Einsatz von als authentisch erfahrenen Lernaufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht, welche die Lernleistung der Schüler verbessern) und aus dem Bereich kognitiver Motivationstheorien.

Vor diesem Hintergrund argumentieren Müller et al. abschließend für den *Einsatz von dekorativen Bildern mit eingebetteten Daten*. Wie man sich dieses Lösungskonzept konkret vorzustellen hat, erläutern die Autoren anhand einer Reihe von Praxisbeispielen. Die Ausnutzung der ästhetischen Dimension der Visualisierungen zur Vermittlung von Wissen, wie sie in diesem Beitrag angesprochen wird, kann dabei auf interessante Weise mit den theoretischen Überlegungen von Martina Heßler im ersten Teil des Bandes kontrastiert werden. Gerade beim Aufspüren der in den Bildern eingebetteten Daten kann hier am Praxisfall nachvollzogen werden, was es heißen kann, dass Visualisierungen mit Hilfe von ästhetischen Mitteln Sinn erzeugen.

Ausgehend von diesen Überlegungen aus dem Kontext der Didaktik und Lernpsychologie des naturwissenschaftlichen Unterrichts, treten wir mit dem Beitrag des nächsten Autors in den engeren Bereich der naturwissenschaftlichen Forschung ein. THORSTEN RATZKA stellt in seinem Text eine der »Bildwissenschaften« par excellence vor – die Astrophysik/Astronomie. Schon von jeher hat die Beobachtung des Sternenhimmels den Menschen fasziniert und dessen Deutung ihn beschäftigt. Die Astronomie zählt mit zu den ältesten Wissenschaften der Menschheit. Aber nicht nur Wissenschaftler richten ihren Blick auf die Sterne des Nachthimmels. Wie kein anderer Bereich hat es die Astronomie verstanden, auch die Laien zu faszinieren und für ihr Forschungsgebiet einzunehmen. Ratzka erläutert in seinem Beitrag nun aus der Perspektive des Praktikers, welche Entwicklungen der Beobachtungstechnik in den letzten Jahren das Verständnis der Astrophysiker von ihrem Forschungsgegenstand und das Agieren in ihrem »Labor« beeinflusst haben. Deutlich werden der enge Zusammenhang und die Wechselwirkung zwischen der technischen Weiterentwicklung von Beobachtungsinstrumenten und dem Forschungsgegenstand der Astronomie (vom Objekt am Nachthimmel über das emittierte Licht im für das menschliche Auge sichtbaren Wellenlängenbereich bis zum emittierten Infrarot-Licht). Zunächst erhalten wir einen historischen Abriss der unterschiedlichen Beobachtungstechniken. Hierzu zählen beispielsweise die Spektralanalyse des von den Sternen emittierten Lichts zur Bestimmung ihres Alters und ihrer Entfernung von der Erde, aber etwa auch die

Verwendung von Fotoplatten, welche die objektive Nachverfolgung der Bewegung von Objekten am Sternhimmel über einen längeren Zeitraum hinweg ermöglicht. Die Analyse geht dabei von Ratzkas Erläuterung aus, inwiefern das menschliche Auge selbst als ›Beobachtungsinstrument‹ verstanden und welche Leistungsfähigkeit ihm im Rahmen astronomischer Beobachtungen zugesprochen werden könne.

Dann wendet sich der Autor der Erforschung der Sternentstehung zu, die er als Beispiel nutzt, um neuere Entwicklungen der astronomischen Beobachtungstechnik darzustellen und zu zeigen, welche Rolle den Visualisierungen im Kontext der fachwissenschaftlichen Forschung zukommt. Mithilfe von *adaptiven Optiken* und *Interferometern* stünden inzwischen die notwendigen Techniken zur Verfügung, um den Himmel im nahen und mittleren Infrarot mit höchster räumlicher Auflösung zu beobachten. Wir verlassen hier also den Bereich des mit bloßem Auge sichtbaren Lichtspektrums und überwinden damit eine wesentliche Beschränkung für die astronomische Beobachtungspraxis. Es wird gezeigt, auf welchen Prinzipien die modernen, hochauflösenden Beobachtungstechniken beruhen und wie sie unseren Blick zu den Sternen verändert haben. Ausgeführt wird ferner, wie sich unser heutiges Verständnis von der Sternentstehung auf Grund der immer weiter verbesserten Beobachtungstechniken überhaupt erst entwickeln konnte. Interessant erscheint hier ein Vergleich mit dem Beitrag von Dieter G. Weiss aus dem Bereich der Mikrobiologie, der in seinem Beitrag ebenfalls auf den Aspekt eingeht, inwiefern die technologische Entwicklung neuer Beobachtungs- und Visualisierungsmethoden das Verständnis des Wissenschaftlers von seinem Forschungsgegenstand entscheidend verändert hat.

Abschließend erläutert Ratzka auch einige Probleme der astronomischen Beobachtung, wie sie für die heutigen Techniken bestehen. Hierzu zählen sowohl natürliche Störquellen, wie jene der Atmosphäre, als auch künstlich herbeigeführte, wie jene der künstlichen Beleuchtung in Städten und anderen dicht bevölkerten Regionen der Welt.

Verweisen uns die Ausführungen von Ratzka auf die Frage nach den Ursprüngen unserer Welt und unseres Lebens, richtet sich der Blick des nächsten Autors auf die innere (Gedanken-)Welt des Menschen und auf die Rolle von Visualisierungen in diesem Kontext. Der Beitrag von PETER HUCKLENBROICH führt uns damit in ein ganz anderes Wissenschaftsgebiet – die Medizin – ein. Er diskutiert hier die erkenntnistheoretische Reichweite und die Konsequenzen des *Neuroimaging*. Gemeint sind damit

die unterschiedlichen bildgebenden Verfahren, die im medizinischen Bereich verwendet werden, um direkt oder indirekt die Struktur und/oder die Funktionen des Gehirns sichtbar zu machen. Beispiele für diese bildgebenden Verfahren wären die Magnetresonanztomografie (MRT-Bilder), die Positronen-Emissions-Tomografie (PET-Bilder) oder auch das eher klassische Elektroenzephalogramm (EEG). Hier ergibt sich eine Parallele zu dem Text von Liebsch, der sich ebenfalls mit mentalen Bildern, wenn auch aus einer historischen Perspektive heraus, befasst.

Hucklenbroich wendet sich dann konkret der Frage zu, ob ein *Gedankenlesen* per Neuroimaging möglich ist. In einem Sprichwort heißt es, die Augen seien die Spiegel der Seele. Heutige Neurowissenschaftler scheinen zu glauben, dasselbe vom Gehirn aussagen zu können: Lassen die genannten technischen Verfahren aber tatsächlich Einblicke in den *Geist* der untersuchten Personen zu? Oder zeigen sie letztlich doch nur physikalische Vorgänge in einem (komplexen) menschlichen Organ?

Zur Beantwortung dieser Fragen wendet sich Hucklenbroich zunächst den technischen Grundlagen des Neuroimaging zu. Beispielhaft werden hier einige Arbeitsweisen der relevanten medizintechnischen Instrumente vorgestellt und analysiert. In einem zweiten Schritt diskutiert der Autor die Vorgehensweisen zum ›Gedankenlesen‹ im Einzelfall und die im Neuroimaging involvierten Formen der Erkenntnis und des Wissens der Mediziner. Seine Überlegungen münden schließlich in der Feststellung, dass, wenn ein Gedankenlesen durch Neuroimaging überhaupt möglich ist, es nicht allein auf anatomisch-physiologischem Wissen und Daten beruht. Ebenso wesentlich baut ein derartiges ›Gedankenlesen‹ auf (neuro-)psychologischem Wissen, (auto-)biografischer Rekonstruktion und historisch-soziokultureller Kenntnis auf. In dieser Hinsicht entspricht es damit dem spezifisch sozio-psycho-somatischen Anteil im üblichen ärztlichen Erkennen und Denken.

Auch DIETER G. WEISS thematisiert in seinem Beitrag Visualisierungen, die aus Instrumenten gewonnen wurden. Nachdem es bei Ratzka um die Beobachtung des Universums – des Makrokosmos – gegangen ist, Hucklenbroich unseren Blick auf uns selbst – also auf die Vorgänge im menschlichen Gehirn – gelenkt hat, führt Weiss uns nun in die Welt des Mikrokosmos ein. Er erläutert, inwiefern unser Wissen über die lebende Zelle von mikroskopischen Bildern abhängig ist. In anschaulicher Weise schildert er die Geschichte der Mikroskopie anhand der unterschiedlichen technologischen Entwicklungsstufen auf diesem Gebiet. So folgten hier

der intuitiv-vordergründigen Betrachtung der Zelle mit einfachen Mikroskopverfahren, die einzelne physikalische Aspekte, oftmals als Bilder aus Messwerten, selektiv abbildeten. Heute haben die elektronischen Bildgebungsverfahren die klassische Auflösungsgrenze der Lichtmikroskopie durchbrochen. Weiss macht darauf aufmerksam, dass diese Entwicklungen nicht nur unser Wissen erweitert, sondern auch zu abrupten Änderungen unserer Vorstellung von der lebenden Zelle geführt haben. So zeigt sich beispielsweise, dass die lange vorherrschende Vorstellung von einer Zelle mit einem starren Cytoskelett letztlich auf die besondere Präparation derselben für die Beobachtungsmethodik mittels Elektronenmikroskopie zurückzuführen ist. Es handelt sich somit um eine technologisch bedingte Fehldeutung. Erst die später entwickelte Videomikroskopie hat den hochdynamischen Charakter der Zellen offengelegt.

Detailliert erläutert Weiss in seinem Beitrag, wie die verschiedenen Mikroskopieverfahren eine immer stärkere Vergrößerung ermöglicht haben, sodass schließlich auch Objekte im Nanometerbereich für die Forschung zugänglich wurden. Deutlich wird aber ebenso, dass Vergrößerung in diesem Bereich nicht alles ist, sondern dass insbesondere auch eine räumliche oder dynamische Darstellung der Zellen im (bewegten) Bild wesentlich für den Erkenntnisfortschritt der Mikrobiologie war. Eine philosophische Ausdeutung des von Weiss präsentierten Materials erfolgt dabei in dem Beitrag von Lemke et al. im ersten Teil des Bandes. Das von ihnen entwickelte Klassifikationssystem wissenschaftlicher Bilder schließt unmittelbar an die hier geschilderten Problemstellungen aus der Wissenschaftspraxis an.

Weiss thematisiert ferner, welche Beiträge auch die Informatik für die biologische Erforschung des Mikrokosmos durch die Bereitstellung von Simulationsprogrammen etc. leisten kann. Hier können Vergleiche mit dem Beitrag von Jörg R. J. Schirra gezogen werden, welcher diesen Zusammenhang aus der Sicht des Informatikers erläutert.

Schließlich liefert Weiss einen Vorschlag zur Klassifizierung der unterschiedlichen Arten von Bildern, die mittels der verschiedenen Mikroskopieverfahren in der Mikrobiologie gewonnen und verwendet werden. Untersucht wird hier, welche Art von Wahrnehmung, von Bilderzeugung und von Repräsentationsbeziehung zwischen Bild und Forschungsobjekt jeweils vorliegen. Die Analyse dient zur Klärung der Frage, ob die konstatierten Transformationen unseres Wissens von der Zelle als Paradigmenwechsel im Sinne von Thomas S. Kuhn eingestuft werden können oder nicht. Gefragt wird also, ob die Weiterentwicklung der Beobachtungstechnologie zu einem

Bruch mit der jeweils vorherrschenden Forschungstradition geführt hat oder nicht – ob die beteiligten Wissenschaftler tatsächlich ein vollständig neues Verständnis ihres Forschungsgegenstandes erlangten oder nicht.

Der Autor des letzten Beitrags in diesem Sammelband befasst sich schließlich in einem doppelten Sinne aus praktischer Perspektive mit dem Thema der Visualisierungen in den Wissenschaften. JÖRG R. J. SCHIRRA erläutert zum einen, inwiefern die Informatik als Zulieferer von Computergrafiken für andere Wissenschaftsbereiche dient, und thematisiert zum anderen das Verständnis, das die Informatik selbst vom Gegenstand der Visualisierung hat.

Schirra beginnt seine Untersuchung mit der provokanten These, dass Bilder gar kein genuiner Gegenstand der Informatik seien. Diese Behauptung kontrastiert er mit der Feststellung, dass es offenbar dennoch eine nicht unerhebliche Anzahl von Teilgebieten in der Informatik gebe – zusammengenommen als *Computervisualistik* bezeichnet –, in welcher eine Auseinandersetzung mit den Visualisierungen in der einen oder anderen Form stattfinde. So stellen Informatiker uns offensichtlich bereits seit Jahren Computer bereit, auf denen wir eine Vielfalt von Programmen zur Bildverarbeitung, Bilderzeugung und Bildanalyse nutzen können. Interaktive Bilder und immersive Systeme sind ohne die computervisualistischen Erzeugnisse gar nicht vorstellbar. Das Ziel von Schirras Beitrag besteht demgemäß darin, dieses vordergründige Spannungsverhältnis zwischen den beiden genannten empirischen Thesen aufzulösen. Sein Weg dorthin führt ihn zunächst über die Erläuterung einiger wesentlicher Begrifflichkeiten der Informatik. Zu den Fragen, die in diesem Zusammenhang thematisiert werden, zählen z. B. die folgenden: Was sind eigentlich Daten? In welcher Form und Struktur müssen sie gegeben sein, damit Datenverarbeitung funktioniert? Und inwiefern sind Computer als Maschinen zu verstehen? Im nächsten Schritt erläutert Schirra den Begriff der Computervisualistik genauer und stellt deren wesentliche Themenbereiche vor. Daran anschließend diskutiert er eine Reihe ausgewählter Beispiele bildverarbeitender und -erzeugender Algorithmen. Sie liefern das Anschauungsmaterial, mit dessen Hilfe sich die Wechselbeziehungen zwischen Informatik und Bildwissenschaft besser verstehen und auch die Möglichkeiten anderer Fachgebiete deutlich werden lassen, mit den Mitteln der Computervisualistik Erkenntnisse zu gewinnen.

Schirras Beitrag zeigt in diesem Sinne noch einmal auf, was in den Beiträgen aus den anderen Fachdisziplinen als Arbeitsgrundlage der Wis-

senschaftler im Umgang mit computergenerierten Visualisierungen stillschweigend vorausgesetzt wird.

Seine Untersuchung ist auch insofern zentral, als für die Erarbeitung eines theoretischen Verständnisses von Visualisierungen im 21. Jahrhundert gerade diese neuen Formen der informationstechnologischen Bilderzeugung und -verarbeitung in Betracht gezogen werden müssen. Hier wird deutlich, dass es längst nicht mehr nur die klassischen Formen des Bildes – wie Zeichnung oder Fotografie – sind, die in den heutigen Wissenschaften eine entscheidende Rolle spielen, sondern ebenso solche des Computerzeitalters.

Literatur

- ABELL, C.; BANTINAKI, K. (Hrsg.): *Philosophical Perspectives on Depiction*. Oxford [Oxford University Press] 2010
- ADELMANN, R.; FRERCKS, J.; HESSLER, M.; HENNIG, J.: *Datenbilder. Zur digitalen Bildpraxis in den Naturwissenschaften*. Bielefeld [transcript Verlag] 2009
- FAULSTICH, W.: *Einführung in die Medienwissenschaft. Probleme – Methoden – Domänen*. (UTB-Schriftenreihe) München [Wilhelm Fink Verlag] 2002
- FRERCKS, J.: Formen, Funktionen und Praxen von Wissenschaftsbildern. Ein systematischer Blick auf die Reportagen. In: ADELMANN, R.; FRERCKS, J.; HESSLER, M.; HENNIG, J. (Hrsg.): *Datenbilder. Zur digitalen Bildpraxis in den Naturwissenschaften*. Bielefeld [transcript Verlag] 2009, S. 122 - 130
- GOODMAN, N.: *Languages of Art. An Approach to a Theory of Symbols*. 2. Aufl., Indianapolis, Cambridge [Hackett Publishing Company, Inc.] 1976
- GROEBEN, N.: Dimensionen der Medienkompetenz: Deskriptive und normative Aspekte. In: GROEBEN, N.; HURRELMANN, B. (Hrsg.): *Medienkompetenz. Voraussetzungen, Dimensionen, Funktionen*. Weinheim, München [Juventa Verlag] 2002, S. 160 - 197
- GROEBEN, N.; HURRELMANN, B. (Hrsg.): *Medienkompetenz. Voraussetzungen, Dimensionen, Funktionen*. Weinheim, München [Juventa Verlag] 2002
- KULVICKI, J. V.: *On Images. Their Structure and Content*. Oxford [Clarendon Press] 2006

- MIRZOEFF, N.: *Introduction to Visual Culture*. London, New York [Routledge] 1999
- MITCHELL, W. J. T.: *Iconology. Image, Text, Ideology*. Chicago, London [The University of Chicago Press] 1986
- SACHS-HOMBACH, K.: *Das Bild als kommunikatives Medium. Elemente einer allgemeinen Bildwissenschaft*. Köln [Herbert von Halem] 2006
- SCHICKORE, J.: Sehen, Sichtbarkeit und empirische Forschung. In: *Journal for General Philosophy of Science* 30, 1999, S. 273 - 287
- SCHOLZ, O. R.: *Bild, Darstellung, Zeichen. Philosophische Theorien bildlicher Darstellung*. 3. Aufl., Frankfurt/M. [Klostermann] 2009