

Die Zirkulation der Bilder zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit. Ein historiographischer Essay¹

SYBILLA NIKOLOW/LARS BLUMA

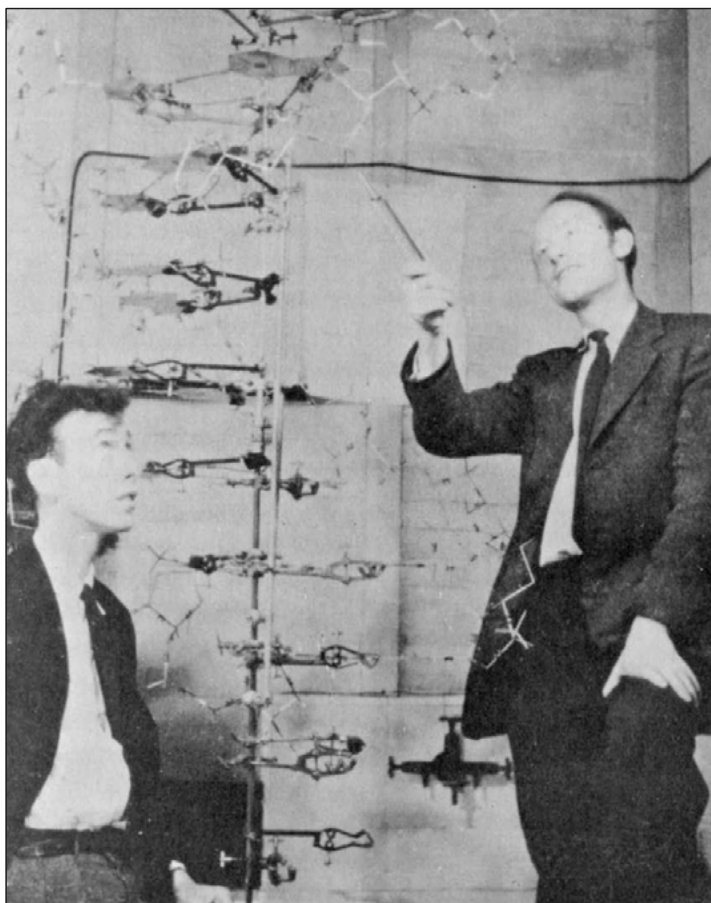
Auf dem berühmten Foto von James Watson, Francis Crick und der Doppelhelix posieren die späteren Nobelpreisträger um das Objekt ihrer Begierde.² Aufgenommen wurde es im Jahr ihrer Entdeckung der DNA-Doppelhelixstruktur 1953, öffentlich gezeigt aber erst 15 Jahre danach in Watsons Bestseller *The Double Helix*. Das Foto steht bis heute für die erfolgreiche Beschreibung des DNA-Moleküls durch den Bau des Modells als Schlüsselereignis der Entdeckung (Abbildung 1).

Zusammen mit Watsons Veröffentlichung hat das Foto auf seine Weise dazu beigetragen, Watsons und Cricks Version der Entdeckungsgeschichte ins öffentliche Bewusstsein zu bringen und andere Forschungswege sowie die wichtigsten Vorleistungen und Mitbeteiligten in den Schatten zu stellen. Die Konstruktion von Modellen wurde schließlich zum Forschungsinstrument in der Arbeitspraxis der jungen Molekularbiologie in den 1950er und 1960er Jahren. Die Molekülmodelle und ihre Bilder zirkulierten zwischen Laboratorien, wurden in Vorlesungen, Ausstellungen, Fernseh- und Filmstudios eingesetzt, kommerziell produziert und vertrieben. Sie bestimmten gleichzeitig das öffentliche Bild der Molekularbiologie/Genetik in den Medien dieser Zeit und bis heute.³

Das Foto steht in der Tradition des modernen Wissenschaftlerporträts seit dem 19. Jahrhundert, nach der sich Wissenschaftler in ihren Arbeitsstätten selbstbewusst mit ihren Instrumenten, Modellen und Objekten für die Öffentlichkeit darstellen ließen.⁴ Das Bild des DNA-Modells gehört aber auch in einen Kontext mit anderen visuellen Darstellungen wissenschaftlicher Objekte, so zu den Skizzen und Zeichnungen von Molekülstrukturen, mit denen die wissenschaftlichen Aufzeichnungen und Publika-

tionen in der Regel begleitet waren.⁵ Was in der Molekularbiologie vorrangig eine neue Repräsentationsform eines in anderen Zusammenhängen erworbenen Wissens darstellte, die Einsicht in die Strukturform eines Schlüsselmoleküls versprach, wurde den Lesern des Buches als authentischer Beleg einer Wissenschaftspraxis vorgeführt und damit als ein Bild von Wissenschaft präsentiert, das kompatibel mit populären Entdeckungsmythen war und das Vertrauen der Öffentlichkeit in derartige wissenschaftliche Unternehmungen stärken sollte.

Abbildung 1: Watson, Crick und die Doppelhelix



Watson 1971 [1968], S. 261

Inzwischen ist das Gen und mit ihm das Strukturbild der DNA zu einer kulturellen Ikone der Wissenschaft des 20. Jahrhunderts geworden (Nelkin/Lindee 1995, de Chadarevian/Kamminga 2002). Es findet sich erwar-

tungsgemäß auf den Deckblättern der Zeitschriften *Nature* und *Science*, als der bekannte Biochemiker J. Craig Venter mit seinen Kollegen im Februar 2001 die Forschungsergebnisse über das menschliche Genom publizierte (Abbildung 2 und 3).

Während *Nature* eine konventionell-schematische Graphik des DNA-Modells abdruckte, winden sich in *Science* mehrere Porträts entlang einer imaginären Helixstruktur, die unterschiedliche menschliche Rassen und Altersstufen repräsentieren sollen. Auch wenn der Modellbaukasten von Watson und Crick mit der computergestützten Entzifferungsindustrie eines Venter von heute nicht mehr vergleichbar ist, wird immer noch mit dem gleichen Bild der Disziplin in der Öffentlichkeit gearbeitet. Es gibt der Genomforschung von heute, die sich inzwischen weniger in biologischen Laboren als in Rechenzentren und auf Pressekonferenzen abspielt, ein veröhnendes Bild, und auch das Publikum kann an diese visuellen Stereotypen anknüpfen.⁶

Ob ein Wissenschaftsbild als wissenschaftliches Bild und/oder als Bild von Wissenschaft wahrgenommen wird, hängt nicht nur vom ursprünglichen Kontext seiner Herstellung und intendierten Verwendung ab, sondern auch davon, wer es wo zu Gesicht bekam. Wegen der Offenheit des Rezeptionsprozesses plädieren wir dafür, Wissenschaftsbilder als Objekte zu betrachten, die einen Raum zwischen wissenschaftlicher Praxis und der jeweiligen Öffentlichkeit besetzen, der aber nicht von vornherein feststeht, sondern erst nach der Analyse des Darstellungs- und Rezeptionszusammenhangs näher bestimmt werden kann. Gerade historische Beispiele – wie der Aufstieg der bildlichen Darstellung der Doppelhelix im Wissenschaftsbereich, im populären und öffentlichen Raum sowie in der Kunst – geben Aufschluss darüber, welche Wissensobjekte und Repräsentationsformen die wissenschaftliche Sphäre verlassen. Wissenschaftsbilder interessieren uns in diesem Sinne nicht nur in ihrer Funktion als Kommunikationsmittel innerhalb der Wissenschaft, sondern auch gegenüber einer an den wissenschaftlichen Ergebnissen partizipierenden Öffentlichkeit.

Obwohl sich Bilder, die im wissenschaftlichen Produktionsprozess hergestellt werden, von denen, die von Anfang an auch zum Gebrauch in der Öffentlichkeit bestimmt sind, hinsichtlich ihres Entstehungs- und Verwendungszusammenhangs unterscheiden, ist bemerkenswert, dass ihr strategischer Einsatz an der Grenze zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit nicht ohne gegenseitige Bezüge erfolgt. Für die Perspektive der Wissenschaftsforschung ist gerade das Studium der Transformationen interessant, denen wissenschaftliche Bilder vom Prozess ihrer Herstellung innerhalb ihrer jeweiligen Disziplin bis zu ihrer späteren Zirkulation und Verwendung als Beweisstück, Beleg oder Argument für eine spezifische Wissenschaftskultur in der Öffentlichkeit unterliegen. Der Erfolg von Wissenschaftsbildern sowohl in der wissenschaftsinternen Kommunikation als

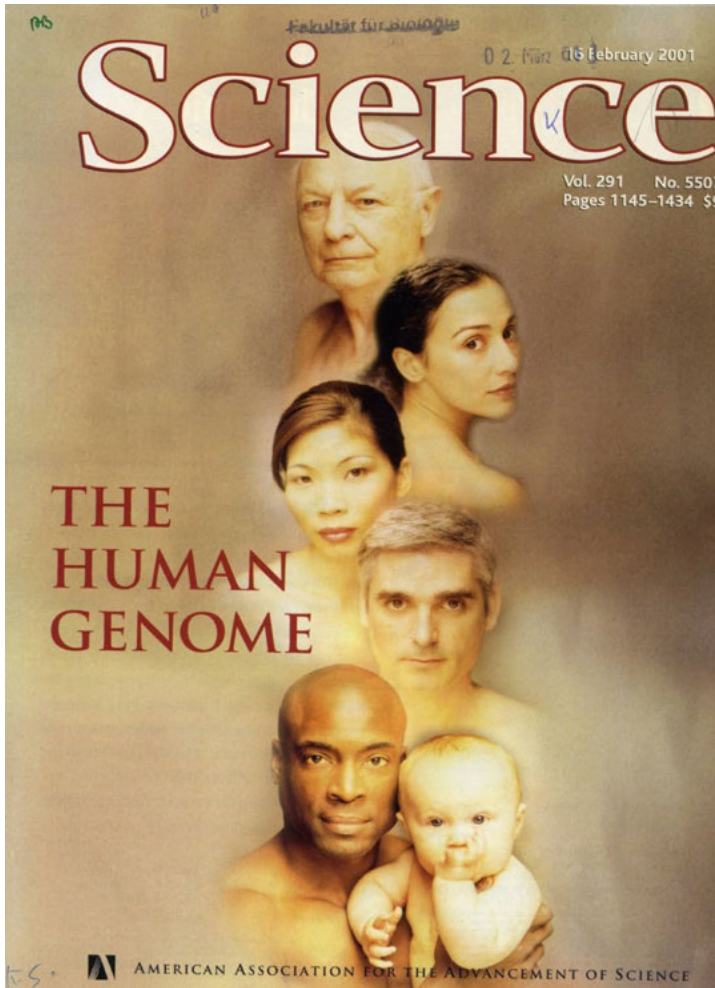
Abbildung 2: Cover mit DNA-Modell



Mit freundlicher Genehmigung von Macmillan Publishers Ltd: Nature 6822, 409 (15 February 2001), Cover

auch in der Auseinandersetzung mit der Öffentlichkeit scheint davon abhängig zu sein, inwiefern Bilder als besonders mobile Objekte semantische Flexibilität und Identität für verschiedene Rezipientengruppen bereitstellen. Gleichzeitig müssen sie robust genug sein, um sich gegen konkurrierende Bilder und deren Vorrat an Deutungsoptionen durchzusetzen.⁷ Star und Griesemer haben in diesem Zusammenhang den Begriff des *boundary objects* am Beispiel der Geschichte der Aushandlungsdiskurse zwischen Wissenschaft, Öffentlichkeit und Politik in einem naturhistorischen Muse-

Abbildung 3: Cover mit Helixstruktur



Mit freundlicher Genehmigung der AAAS: Science, Vol. 291, 5507 (16. Februar 2001), Cover. Image: Ann Cutting

um entwickelt (Star/Griesemer 1989). Wissenschaftsbilder sind derartige Grenzobjekte, die in die Lage versetzt werden, verschiedene Interessen und Belange zu bündeln und kommunizierbar zu machen. Sie sind somit als spezifische Repräsentations- und Produktionsformen wissenschaftlichen Wissens anzusehen, die zwischen innerwissenschaftlicher und öffentlicher Sphäre fluktuieren und erst in diesem Austauschprozess Bedeutung erlangen.

Gerade jene Bilder, die – wie das Modell der Doppelhelix – als wissenschaftliche Repräsentationen in den öffentlichen Raum gelangen und deshalb für die Frage nach dem Verhältnis zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit interessant sind, passen nicht in das Klassifikationsschema von ›rein‹ wissenschaftlichen Bildern auf der einen Seite und ›rein‹ öffentlichen bzw. populären Bildern auf der anderen.⁸ Ihre Besonderheit liegt darin, dass sie zwar ursprünglich in Forschungszusammenhängen produziert wurden, aber nun in der Öffentlichkeit eine zusätzliche Bedeutung als Bilder von Wissenschaft erlangen. Ansonsten würde einer Hierarchisierung gefolgt, die selbst bestimmten politischen Zielen innerhalb einer zeit- und ortsabhängigen Auseinandersetzung zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit dienen könnte. Aus diesem Grund plädieren wir für eine Erweiterung der Visualisierungsgeschichte um die Geschichte der Rezeption der wissenschaftlichen Bilder im öffentlichen Raum. Wie im Folgenden darzulegen ist, schlagen wir vor, für die Frage nach den Wissenschaftsbildern die Ergebnisse der Visualisierungsforschung mit denen der Popularisierungsforschung auf fruchtbare Weise zu verbinden.

Visual Culture Studies

Bilder, zumal Wissenschaftsbilder, als Quellen der historischen Forschung zu nutzen, mag inzwischen zum Normalfall geworden zu sein. Obwohl Bildquellen in reicher Fülle überliefert sind, widmet die akademische Geschichtsschreibung diesen kulturellen Produktionen aber erst seit kurzem die entsprechende analytische Aufmerksamkeit. Porträts von Medizinern, Technikern und Wissenschaftlern, Abbildungen ihrer Modelle, Instrumente und Arbeitsstätten sowie bildliche und graphische Darstellungen ihrer Forschungs- und Messergebnisse werden zwar traditionell in Museen als Zeugnisse vergangener Wissenschaftskulturen betrachtet, in der historischen Erzählung aber häufig unreflektiert genutzt.⁹ Solch eine illustrative Verwendung stützt und verstärkt die teilweise glorifizierenden und heroisierenden Darstellungen der ›älteren‹ Geschichtsschreibung, die die Standesinteressen der Wissenschaftlergemeinschaft somit auch bildlich reproduzierten. Der Wert von Bildern als historische Quellen für eine Kulturgeschichte der Wissenschafts-, Medizin- und Technikgeschichte wurde aber von der Forschung lange Zeit unterschätzt. Die Ursache hierfür liegt in der allzu lang vorherrschenden ideengeschichtlichen Orientierung der Wissenschaftsgeschichte und in der historischen Tradition, nur Texte als ernsthafte Quellen anzuerkennen. Bildlichen Zeugnissen wurde dagegen selten eine sinnstiftende oder kognitive Qualität zugestanden. Erst als es im letzten Jahrzehnt zu einer Wiederbelebung kulturhistorischer Traditionen und zu einem stärkeren Interesse an Medien- und Kommunikationspraktiken in den Geschichtswissenschaften kam, hat auch hier ein Umdenkungsprozess

stattgefunden (vgl. Jäger 2000; Burke 2003 [2001]; Roeck 2003; Heßler 2005; Paul 2006; Tucker 2006).

Außerhalb der tradierten Kunstgeschichte war es die Kulturwissenschaft, die bereits Mitte der 70er Jahre die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit Bildern etablierte (vgl. Berger 1972; Mulvey 1975). Seit den 80er und 90er Jahren kam es schließlich zu einem anhaltenden Boom an *visual culture readers* (vgl. u.a. Evans/Hall 1999; Cartwright/Sturken 2001; Howells 2003; Jones 2003). Die sich unter dem Etikett *visual culture* formierende Forschungsrichtung nahm zahlreiche Einflüsse des Strukturalismus und des Poststrukturalismus auf. So ist eines ihrer Ziele, die in der Kunstgeschichte vollzogene Unterscheidung von *high* und *low cultural form* zu überwinden und auch den Bildern des Alltags verstärkt Beachtung zu schenken. Ähnlich wie die *cultural studies* wird der Anspruch formuliert, die wissenschaftlichen Disziplinengrenzen zu überschreiten. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Erforschung der bildlichen Repräsentationen eine Schlüsselstellung bei der Auseinandersetzung mit der westlichen Kultur einnimmt. Kategorien wie Geschlecht und Rasse gelten als von Bildern produzierte kulturelle Ordnungsschemata, die sich mit Hilfe semiotischer, linguistischer und psychoanalytischer Methoden rekonstruieren lassen. Der Sinn eines Bildes ist dabei nicht alleine dem Bild inhärent, sondern erschließt sich auch aus dessen soziokultureller Einbettung. Die dekonstruktivistische Haltung der *visual culture studies* drückt sich darin aus, dass zentrale Basisoppositionen, die die westliche Kultur bestimmen (Körper/Seele, Subjekt/Objekt, männlich/weiblich, Selbst/Anderer usw.) als visuell konstruiert angesehen werden und dementsprechend einer politischen und ideologischen Kritik zugänglich sind.

Mitchell, der mit seinem Begriff des *pictorial turn* die Debatte in den 90er Jahren bestimmte, hat in seinem neuesten Buch eine umfassende Kritik an den *visual culture studies* formuliert.¹⁰ Vor allem der Annahme, dass eine Bildanalyse ganz in einer semiotisch-linguistischen Analyse aufgehen kann, die die magisch-mythische Dimension des Bildes gleichsam wissenschaftlich aus der Welt schaffen kann und die davon ausgeht, dass der Gehalt von Bildern vollständig rationalisierbar sei, stellt Mitchell die These entgegen, dass diese Effekte von Bildern auch weiterhin konstitutiv zur Moderne gehören. Auch wenn Bilder die sozialen Beziehungen vermitteln, ist das Sehen für ihn nicht nur eine Form kultureller Konstruktion, sondern auch als eine *non-cultural* bzw. *natural activity* anzusehen.¹¹ Wegen dieser Kritik an der Ausrichtung der *visual culture studies* am *linguistic turn* und wegen dessen prominenten Interesses an sprachlichen Strukturen der Wissensordnungen ist darauf hinzuweisen, dass gerade die machtpolitische Analyse von semiotischen Systemen ein notwendiger Teil der bildwissenschaftlichen Perspektive sein sollte. Sie erscheint umso dringender geboten, weil, wie in einigen kulturwissenschaftlichen Studien der Eindruck vermittelt wird, die ältere sozialhistorische Analyse von politischen Ungleich-

heiten, aber auch von ökonomischen Strukturen heute weniger relevant sei.¹² Der Blick auf die visuellen Darstellungs- und Vermittlungsformen erscheint gerade besonders geeignet, um die Frage nach der Durchsetzung derartiger Konstellationen im gesellschaftlichen Raum zu stellen. Dies belegen etwa Studien zur frühmodernen Verzahnung von visueller Repräsentation und Herrschaft (vgl. Bredekamp 2003 [1999]; Bredekamp/Schneider 2006) genauso wie neuere Arbeiten im Querschnittsgebiet von Medien-, Körper- und Politikgeschichte (u.a. Wenk 2007; Paul 2006).

Bilder und Wissenschafts- und Technikforschung¹³

Die Bilder, die von den Wissenschaften, der Medizin und Technik produziert werden, spielten in den *visual culture studies* lange Zeit nur eine untergeordnete Rolle. Allenfalls, wenn visuelle Ordnungen, wie etwa in der Anthropologie, offensichtlich Rassen- und Geschlechterkonstellationen abbildeten, wurden sie wahrgenommen. Den *pictorial turn* auf dem Gebiet der Wissenschaftsforschung zu fordern (Gugerli 1999), wurde allerdings erst möglich, nachdem der sogenannte *practical turn* vollzogen worden war. Durch ihn wurde die Aufmerksamkeit auf die Praxis lokal situierter wissenschaftlicher und technischer Handlungssysteme gerichtet (vgl. Latour 1987; Lynch/Woolgar 1990; Rheinberger et al. 1997). Wissenschaftliche Repräsentationen und Inskriptionen werden nun als Ergebnisse eines komplexen Zusammenspiels zwischen Instrumenten, Experimenten, Messungen, Darstellungstechniken und rhetorischen Strategien angesehen, die die Analyse im Detail aufzuschlüsseln hat. Die visuellen Produktionen erscheinen hier eingebettet in den Prozess der Herstellung und Stabilisierung wissenschaftlicher Wahrheiten und Objektivität (vgl. Latour 1990; Lubar 1995; Lynch 1998; Galison 1998; Daston/Galison 2007). Visualisierungen des Wissens rückten damit als Untergruppe der Repräsentationen in der wissenschaftlichen Praxis ins Zentrum der Aufmerksamkeit der Wissenschafts- und Technikforschung. Allerdings folgte die Bildforschung noch lange einer mimetischen Abbildungstheorie der Bilder, die diesen keinen eigenständigen Stellenwert in der Produktion des Wissens zubilligte. Erst in Folge des *practical turn* wurde deutlich, dass wissenschaftliche Bilder nicht nur Wissen illustrieren, sondern selbst Wissen produzieren. Bilder haben demnach eine Doppelfunktion zur Darstellung und Produktion des Wissens. Sie haben ihren Anteil an den vielfältigen Repräsentationen in der wissenschaftlichen Praxis und werden dabei in unterschiedlichen Zusammenhängen relevant. Unter Repräsentation wird hier im weitesten Sinne der aktive Akt der Herstellung von Bildern von der Wirklichkeit verstanden, was zentrale erkenntnistheoretische Probleme mit sich bringt (vgl. Freudenberg/Sandkühler 2003). Wegen des Stellenwertes der Bilder im

Erkenntnisprozess hat Knorr-Cetina vorgeschlagen, den noch vorherrschend an verbale Kommunikation gebundenen Begriff des wissenschaftlichen Diskurses durch den des »Viskurses« zu ersetzen (Knorr-Cetina 1999). Mit einer solchen Wortwahl ist beabsichtigt, auf die herausragende Bedeutung hinzuweisen, die bildlichen Produktionen für das zukommt, was im »Labor« zum Objekt von Wissenschaft gemacht und dann von dort in die Öffentlichkeit hinausgetragen werden kann.

Unverkennbar speist sich das Interesse an den Wissenschaftsbildern auch aus der zeitgenössischen Beobachtung, nach der inzwischen in vielen Disziplinen bildgebende Verfahren an Bedeutung gewonnen haben. Es wird sogar von einer »Pictorialisierung der Wissenschaften« (Heintz/Huber 2001) gesprochen und nach den weitreichenden Folgen, die eine solche Wende für die Erkenntnisproduktion mit sich bringt, gefragt. Aus historischer Sicht ist nicht verwunderlich, dass die Entwicklung und Einführung neuer Repräsentationstechniken radikale Umbrüche in der wissenschaftlichen Praxis auslösten.

Wird nun die Frage gestellt, was auf den Bildern zu sehen ist, muss auch danach gefragt werden, was nicht gezeigt wird und damit im Verborgenen bleibt. Seit der Frühen Neuzeit stehen die Wissenschaften unter einem Imperativ der Sichtbarmachung (Heßler 2006b) und mit ihren Visualisierungstechniken verschoben sie schrittweise und durchaus nicht ohne Widerstände die Grenzen dessen, was fortan als sichtbar und unsichtbar galt. Sie sind (Neu-)»Ordnungen der Sichtbarkeit« (Geimer 2002), die hochgradig kontingent und konstruiert sind, so dass es nicht verfehlt ist, von »konstruierten Sichtbarkeiten« (Heßler 2006a) zu sprechen. Die Bedeutung eines Bildes ergibt sich erst aus einem dialektischen Verhältnis von Sichtbarem und Unsichtbarem, von visueller Repräsentation und Leerstelle. Das Sichtbare des Wissenschaftsbildes entsteht in einem Selektionsprozess, der von der Art der Bildgebung, der ästhetischen Erfahrung der Wissenschaftler, der Rezeption durch die Öffentlichkeit sowie von Repräsentationsmöglichkeiten und -normen der Disziplinen abhängig ist. So ist es keineswegs selbstverständlich, Atome in der Nanotechnologie als verschiebbare und beliebig manipulierbare Kugeln zu zeigen. Gänzlich andere Modi der Darstellung, die nicht unseren seit nahezu 400 Jahren unveränderten Vorstellungen von instrumentalisierbaren Atomen entsprechen würden, wären theoretisch durchaus auch möglich gewesen (Hennig 2004; Hennig 2007; Schirmacher 2007a).

Bilder sind, so lässt sich bisher zusammenfassen, eigene Repräsentations- und Produktionsformen von Wissen, die hinsichtlich ihres epistemischen Status eine ähnliche Aufmerksamkeit verdienen wie Texte. Es hat sich gezeigt, dass für ihr professionelles Studium nicht nur die Methoden der Wissenschafts- und Technikforschung, sondern auch die der Kunstgeschichte, Kommunikations- und Medienwissenschaften heranzuziehen sind. Das Studium der Herstellung, Verwendung und Zirkulation von Bildern in

der wissenschaftlichen Praxis ist in besonderer Weise geeignet, den jeweiligen konkreten Verbindungen zwischen den kulturell, gesellschaftlich und wissenschaftlich geprägten Wahrnehmungsweisen von Natur und Gesellschaft auf der einen Seite und den Techniken der Bilderherstellung auf der anderen nachzuspüren. Erfolgversprechend kann ein solches Projekt nur dann sein, wenn in die historische Bildanalyse auch eine strenge Quellenkritik einfließt, die für Textquellen inzwischen selbstverständlich geworden ist.

Aus der hier vertretenen These, dass Bilder eigenständige Repräsentations- und Produktionsformen des Wissens sind, kann allerdings kein Primat gegenüber anderen Repräsentations- und Produktionsformen ad hoc angenommen werden. Vielmehr zeigt sich, dass unterschiedliche Wissenskulturen jeweils zeitspezifische Formen der Repräsentation hervorgebracht haben, in denen die Bedeutung und die Rolle visueller Bildpraktiken verschieden bewertet worden sind. Hentschel spricht in diesem Zusammenhang von visuellen Wissenskulturen in der Geschichte einzelner Disziplinen, in denen Visualisierungspraktiken in der Forschung, aber auch in der Lehre und Lebenswelt der Wissenschaftler zusammenkommen müssen (Hentschel 2005: 193f.). Aus historischer Sicht stellt sich dabei nicht nur die Frage, welche Bildformen in welchen Disziplinen zu welchem Zeitpunkt erkenntnistheoretische Bedeutung erlangten und welche nicht, sondern auch, wie es zu bewerten ist, wenn in gewissen Phasen der Disziplinenentwicklung bildliche Ausdrucksformen des Wissens gegenüber anderen wieder weniger wichtiger wurden oder in Konkurrenz zueinander traten. Ein interessantes Beispiel hierfür sind die verschiedenen, parallel entwickelten Darstellungsformen der frühen Vertreter der Abstammungslehre, in denen noch an unterschiedliche historische Bildtraditionen angeknüpft wurde. Neben baum- und korallenförmigen Diagrammen konkurrierten Mitte des 19. Jahrhunderts z.B. auch Abbildungen in Kreissegmenten um wissenschaftliche Anerkennung. Die verschiedenen Diagrammdarstellungen dienten als Argumente zur Durchsetzung spezifischer Abstammungslehren im wissenschaftlichen Feld, sie prägten jedoch ebenso das Bild von der Evolution in der Öffentlichkeit (Bredenkamp 2006).¹⁴

Des Weiteren können die disziplinären Grenzen zwischen ikonographisch arbeitender Kunstgeschichte, die sich der ästhetischen Funktion und Genese der Bildformen zuwendet, der Wissenschaftsgeschichtsschreibung, die dem in den Bildern eingebetteten positivem Wissen nachspürt, und der Technikgeschichte, die sich traditionell mit der Geschichte der bilderzeugenden technischen Apparaturen auseinandersetzt und Bilder technischer Artefakte bisher noch zu häufig ausschließlich deskriptiv nutzte, überwunden werden. Wie fruchtbar dieser Ansatz für die Geschichte einzelner Abbildungsverfahren und ihrer Produkte ist, zeigen Beispiele zur Fotografie (vgl. Tucker 1997; Geimer 2002). Wird zudem gefragt, unter welchen Bedingungen bestimmte Objekte in einer Kultur sichtbar werden und auf

welche Weise ihre Sichtbarkeit dann als Ausdruck von Wissenschaft, Kunst, Handwerk oder populärer Kultur betrachtet wurde, dann erscheinen diese Disziplingrenzen selbst als historisch veränderbar (vgl. Jones/Galison 1998; Daston 2004; Wise 2006).

Das Ziel einer solchen gewinnbringenden Zusammenarbeit und Ergänzung könnte sein, gemeinsam erfolgversprechende integrative Methoden zur Kontextualisierung und Historisierung von visuellen Ordnungen zu entwickeln. Aufgrund bisheriger methodischer und inhaltlicher Heterogenität der vorliegenden Fallstudien erscheint es zumindest fraglich, ob die Wissenschafts- und Technikforschung dem Aufruf nach der Schaffung einer »allgemeinen Bildwissenschaft« (Belting 2001), eines *iconic turn* (Böhm 1994) oder eines *pictorial turn* (Mitchell 1992; Gugerli 1999) folgen sollte. Unstrittig ist aber bereits, dass derartige Projekte nicht ohne die historische Aufarbeitung der »Bildwelten des Wissens« (Bredekamp et al. 2003) im Forschungsprozess, in der Kunst und Öffentlichkeit auskommen können. Die wissenschaftshistorische Perspektive kann über die Spezifik, Eigenart und den Wandel der Wissenschaftsbilder aufklären und dabei von der aktuellen disziplinübergreifenden Wertschätzung der Bilder als spezifische Denkprodukte profitieren. Das Interesse an den Visualisierungen hat inzwischen sogar die Sozial-, Literatur-, Sprach- und Medienwissenschaften erreicht, die sich nun auch Infographiken, Computerbildern und Piktogrammen in der visuellen Kunst, Werbung und den Massenmedien zuwenden (vgl. Grady 2006; Pörksen 1997; Gerhard et al. 2001; Ackermann 2006).

Bilder in der Geschichte der Wissenschaften, Medizin und Technik

Die neueren interdisziplinären Arbeiten zu diesem Thema lassen traditionellerweise drei grundlegende Zugänge aus historischer Perspektive erkennen.¹⁵ Erstens interessiert sich eine Reihe von Autoren für die Genese und Praxis bestimmter Darstellungstechniken wie der Fotografie (Tucker 1997; Geimer 2002), Radiographie (Dommann 2003; Buschhaus 2006; Pasveer 2006), Mikroskopie (Schickore 2007; Dietzen 2006; Hennig 2006a, b; Rasmussen 1997), Endoskopie (van Dijk 2001; Gugerli 2002), den graphischen und bildlichen Aufzeichnungen von Daten (Hankins 1999; Nikolow 1999, 2001, 2005), den digitalen Bildern (Grube 2005; Heßler 2006c; Mersch in diesem Band) und dem populären Genre des Wissenschaftlerporträts (Jacobi/Schiele 1989; Fara 1998; Jordanova 2000; Werner 2001; Sichau 2004; Kühne/Kirch 2007; vgl. auch Schummer/Spector in diesem Band), um nur einige markante Beispiele zu nennen. In der Analyse der jeweiligen instrumentellen Wissenschaftspraktiken wird auf die Beziehungen zwischen wissenschaftlicher Erkenntnisproduktion

und den dabei zur Anwendung kommenden künstlerischen, technischen und handwerklichen Praktiken der wissenschaftlichen Bildproduktion eingegangen. Die zentrale Fragestellung dieser Studien liegt in der Herausbildung bestimmter bilderzeugender – meist instrumenteller – Verfahren sowie ihrer Standardisierung und Anwendung.

Insbesondere die modernen digitalen Bilderwelten, deren technische Basis der Computer ist und die der Logik verbildlichter Algorithmen folgen, haben eine Diskussion eröffnet, die, ähnlich wie schon in der Frühgeschichte der Fotografie, um die Problematik von bildlicher Referenz und Simulation der Realität kreisen. Der epistemische Status von bildlich dargestellten Mandelbrotmengen, die als ästhetisierte Mathematik in der Öffentlichkeit Popularität erlangten, aber auch von digitalisierten Cyberspace-Welten, ist zumindest ungeklärt. Auch hier lässt sich ein bisher kaum überbrückbarer Graben zwischen wissenschaftlichen Experten der Bildproduktion, die die technischen Prozeduren und Regeln der digitalen Bildproduktion genau kennen, und den Laien der Bildrezeption, die die sozialen, kulturellen und technischen Zusammenhänge der neuen digitalen Bilderwelten kaum erahnen, feststellen. Das Verhältnis von Wissenschaft und Öffentlichkeit wird auch im Hinblick auf Produktion, Rezeption und Austausch von Wissenschaftsbildern als prekär zu kennzeichnen sein, wenn diese Formen der Wissensarkanisierung konstitutiv und von Dauer sein sollten. Neue Bildpraktiken verändern eben nicht nur die wissenschaftlichen Disziplinen intern, sondern auch deren Beziehung zur Öffentlichkeit. Eine Verschärfung dieses Problems ergibt sich dann, wenn technische und ästhetische Entscheidungen sowie Interventionen durch Bildproduzenten den Bildkonsumenten bewusst vorenthalten werden, um den Bildgegenstand zu einem Faszinosum zu transformieren. Dabei ist daran zu erinnern, dass die öffentlichen Bilderwelten der Wissenschaften Produkte von Medialisierungsprozessen sind, deren Mechanismen nicht mehr erkennbar sein dürfen, wenn sie erfolgreich sein sollen. Indem etwa die PR-Agenturen wissenschaftlicher Einrichtungen häufig nur auf die ästhetischen Effekte von Wissenschaftsbildern abzielen, arbeiten sie der Faszination wissenschaftlicher Weltbilder affirmativ und unreflektiert zu, die ihnen durch die Disziplinen nahegelegt werden.

Über die klassische Beschäftigung der Mathematikgeschichte mit ihren geometrischen Objekten und Bildern, der Geographieggeschichte mit der Kartenproduktion und der Technik- und Architekturgeschichte mit Konstruktionszeichnungen hinaus, wird zweitens seit etwa 30 Jahren die Geschichte der Visualisierungen in den Wissenschaften im Rahmen von Disziplinengeschichten betrieben. Hier wird auf die Bedeutung der Bildproduktionen für den Erkenntnis- und Kommunikationsprozess innerhalb bestimmter Disziplinen hingewiesen und nach disziplinentypischen visuellen Kulturen und Bildsprachen gefragt. Es interessiert der Stellenwert, den verschiedene Abbildungsverfahren und Bilder in den Disziplinen einnehmen,

wie sie sich gegen vorherige und konkurrierende Repräsentationsformen des Wissens durchsetzen konnten, wie sie epistemische Objekte hervorbringen bzw. für alte eine Neubetrachtung erfordern und wie sich dabei disziplinäre Standards, Praktiken und Diskurse wandelten. Exemplarisch sind Arbeiten zu Medizin (Reiser 1978; Eckart 1980; Jordano 1990; Maehle 1993; Cartwright 1995; van Dijk 2005; Badakhshi 2006; Hinterwaldner 2006; Orland 2006; Schulz 2008; Stahnisch/Bauer 2007), Geologie (Rudwick 1976, 1992), Anatomie und Naturgeschichte (Daston/Galison 1992, 2007; Buschhaus 2005; Klemm 2006), Botanik (de Chadarevian 1993a; Secord 2002), Bakteriologie (Schlich 1995, 1997), Immunologie (Cambrosio et al. 1993, 2006), Evolutionstheorie (Prodger 1998; Voss 2007; Hopwood 2004, 2005, 2006; Wellmann 2008), Anthropologie (Hanke 2006, 2007; Hagner 2002), Physiologie (de Chadarevian 1993b; Brain 2007), Thermometrie (Hess 2002), Hirnforschung (Hagner 2006b; Borck 2002, 2005; Becker 2007, Stahnisch 2007), Astronomie (Lynch/Edgerton 1988; Pang 1997b; Schaffer 1998; Hentschel 2002), Nanowissenschaften (Hennig 2004, 2006a, b), Chemie (Klein 2003, 2005), Physik (Galison 1997; Wiesenfeldt 2001, 2002; Schirmmayer 2007a, b; Müller 2006; Bigg in diesem Band), Ingenieurwesen (Baynes/Pugh 1981; Ferguson 1992; Henderson 1995; Holländer 2000; Lefèvre 2004; Hänseroth 2006), Kybernetik (Bluma 2002; Hagner 2006a), Archäologie (Klamm 2007a, b) und Ökonomie (Klein 1997; de Marchi/Cranford 1999; Tanner 2002; Klein/Morgan 2001; Nikolow 1999, 2001) zu nennen. In diesem Zusammenhang wurde auch auf die entscheidende Rolle von bildlichen Argumenten in wissenschaftlichen Kontroversen hingewiesen.

Drittens ist dazu übergegangen worden, bestimmte Zeitepochen auf ihre visuellen Ordnungen und Strategien hin zu untersuchen. So wird z.B. für die Periode um 1800 von einer ›visuellen Kultur‹ gesprochen und nach zeittypischen Wahrnehmungsweisen von Natur und Gesellschaft gefragt, die etwa in künstlerischen, technischen und wissenschaftlichen Produktionen zum Ausdruck kamen und deshalb disziplinübergreifend betrachtet werden müssen (Stafford 1994; Dürbeck et al. 2001; Heering 2007). Dabei ist im Rahmen von historischen Analysen zum wissenschaftlichen Erkennen auch die Geschichte der Wahrnehmung ins Interesse geraten (Breibach 2005). Außerdem ist wieder an die ästhetische Dimension der Wissenschaften erinnert worden (Krohn 2006; Hentschel 2006; Heßler 2007). Die Frage nach der Ästhetik der Wissenschaftsbilder kann damit nicht länger als äußerlich oder nachgeordnet abgetan und nur am Geschmack des Publikums festgemacht werden.

Quer zu diesen historiographischen Traditionen liegend, aber nicht weniger wegweisend ist die Frage nach den spezifischen visuellen Ressourcen für das Bild vom objektiven Wissen ins Zentrum der historischen Untersuchung gestellt worden. Daston und Galison haben in Fortführung ihrer frühen Studie von 1992 anhand der Analyse von Atlasabbildungen vom

späten 17. bis ins frühe 20. Jahrhundert überzeugend herausgearbeitet, welche Praktiken von Wahrheit und Objektivität jeweils prägend waren und welchen Wandlungen die Darstellungen und damit auch die Vorstellungen von Objektivität unterlagen (Daston/Galison 1992, 2007; Galison 1998; Daston 1999). Neue Abbildungsverfahren, wie z.B. die Fotografie, versprachen seit der Mitte des 19. Jahrhunderts objektive Bilder, die einem Ethos des Nichteingreifens folgten. Sie schienen zu garantieren, dass in der Darstellung nicht das eigene Wunschdenken des Wissenschaftlers mitspielte. Die Rhetorik des Heraushaltens der eigenen Vorurteile und Theorien bei schwierig zu erlangenden und noch schwieriger zu interpretierenden Daten und Bildern ist auch als Antwort auf eine gewachsene öffentliche Skepsis an der Vertrauenswürdigkeit und Objektivität der Wissenschaft zu verstehen, die sich in immer kürzeren Abständen revidieren musste.

Wissenschaft und Öffentlichkeit

Aufgrund ihres Voraussetzungsreichtums ist die visuelle Selbstverständlichkeit, mit der wissenschaftliche Bildproduktionen in der Öffentlichkeit als »ganz normale Bilder« rezipiert werden, bemerkenswert (Gugerli/Orland 2002). Um dieses Phänomen zu erklären, ist die Erweiterung der Perspektive auf die Prozesse der Zirkulation von Wissenschaft und Technik in öffentlichen Räumen notwendig. Die Frage nach Lesbarkeit, Funktion und Wirkungsweise von Wissenschaftsbildern kann nämlich nur unvollständig beantwortet werden, wenn die Analyse in den Laboren der Bilderproduktion stehen bleibt. Auch die Orte, in denen die Wissenschaftsbilder unhinterfragt als Zeichen von Wissenschaftlichkeit, Authentizität, Objektivität bzw. Wahrheit genommen werden, müssen dafür genauer ins Visier genommen werden. Damit rückt die Rezeptionspraxis der Wissenschaftsbilder in der Öffentlichkeit ins Zentrum des Interesses. Zur Beantwortung der Frage danach, welche Bilder zu einem bestimmten Zeitpunkt erfolgreich angenommen wurden, bieten Studien zur Praxis der Wissenschaftsvermittlung interessante Anknüpfungspunkte.

Die populären Formen und Träger von Wissen gerieten seit etwa 20 Jahren in den Fokus der Wissenschafts- und Technikforschung.¹⁶ Ihre Ergebnisse haben zu einer gründlichen Revision der bisher dominanten Sicht auf Popularisierungsbemühungen geführt (vgl. Hilgartner 1990; Weingart 2005, 2001: Kap. 6). Inzwischen ist unbestritten, dass es sich dabei keineswegs um eine nachgeordnete Tätigkeit von geringerem Status handelt, die völlig losgelöst vom Prozess der Erkenntnisgewinnung ausgeübt und der in der Wissenschaft üblicherweise generell keine Bedeutung beigemessen wird. Stattdessen sind die beiden gesellschaftlichen Teilbereiche Wissenschaft und Öffentlichkeit in der Wissensproduktion wie in der -rezeption

tion eng miteinander verknüpft (Nikolow/Schirmacher 2007; Weingart 2005).¹⁷

Aus dieser Sicht sind Popularisierungen Bestandteile des Prozesses der wissenschaftlichen Erzeugung von Tatsachen, denn sie spielen eine entscheidende Rolle für das, was am Ende eines komplizierten Kommunikations- und Aushandlungsvorgangs in der Öffentlichkeit als wissenschaftliches Wissen bezeichnet und angenommen wird. Die pauschale Abwertung öffentlicher bzw. populärer Darstellungen als eine niedere Form eines angeblich höherwertigen wissenschaftlichen Wissens erscheint in diesem Sinne als eine rhetorische Strategie, mit der wissenschaftliche Experten und ihre Vertreter mehr Deutungsmacht über Wissenschaft im öffentlichen Raum anstreben. Wie verschiedene Studien zeigen, dienen diese Versuche dazu, die soziale Hierarchie zwischen Wissensproduzenten und -konsumenten aufrechtzuerhalten bzw. noch zu verstärken (vgl. Hilgartner 1990; Lubar 1995; Bensaude-Vincent 1997; Weingart 2005).

In dreierlei Hinsicht kann diese Forschungsrichtung der Analyse von Wissenschaftsbildern in ihrer Zirkulation zwischen wissenschaftlicher Praxis und öffentlicher Sphäre neue Impulse verleihen. Erstens kann die Reproduktion des elitären Blicks, der die Studien zur Wissenschaftsvisualisierung noch häufig prägt, vermieden werden, indem nach den Rezeptionsbedingungen des Wissens in der Öffentlichkeit (Brecht/Orland 1999) und ihrer Bindung an die Medien der Kommunikation (Weingart 2005) gefragt wird. Dabei sollte eine symmetrische Analyse der Beziehung zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit angestrebt werden, in der beide Seiten potentiell als Ressourcen füreinander eintreten können (Shapin 1990; Nikolow/Schirmacher 2007). Zweitens kann der Blick auf die Bilder helfen, die bisherige Textlastigkeit der Popularisierungsforschung zu überwinden. Stattdessen sollte es darum gehen, die Bedeutung von Bildern für die Kommunikation zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit ernster als bisher zu nehmen (vgl. Cooter/Pumpfrey 1994: 255; Evans/Priest 1995: 332; Gall 2007 sowie Deilmann 2004; Nikolow 2007a, b). Drittens kann eine Analyse der Bildzirkulation zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit die besondere Bedeutung von Übersetzungsprozessen zwischen unterschiedlichen sozialen Praktiken und Darstellungsformen betonen und damit an aktuelle Diskussionen über den sogenannten *translational turn*, in dem nach Begriffen und Konzepten gesucht wird, die das Geflecht von Sozialem, Kulturellem und der Natur beschreibbar und analysierbar machen, anknüpfen und diese bereichern (vgl. Bachmann-Medick 2007: 384–400; Callon 1986 und für eine Fallstudie Bluma 2005).

Perspektiven für eine Geschichte des wissenschaftlichen Bildes in der Öffentlichkeit

Auch wenn in vielerlei Hinsicht die historische Analyse von Bildern – und zwar in fast allen historischen Subdisziplinen – heute in der Geschichtswissenschaft öfter als früher praktiziert wird, wie eine Vielzahl von Neuererscheinungen zeigt, so bleiben weiterhin noch Fragen offen. Gerade im Hinblick auf die angesprochene Problematik des Verhältnisses zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit fehlt es z.B. an Studien, die die Herausbildung einzelner Repräsentationskulturen der Wissenschaften in verschiedenen politischen Herrschaftssystemen und sozialen Ordnungen vergleichend analysieren.¹⁸ Zu vermuten ist, dass sich visuelle Repräsentationen in demokratischen Gesellschaften von denen in Diktaturen unterscheiden, weil das Verständnis von Öffentlichkeit, Politik und wissenschaftlicher Expertise jeweils verschieden ist. Mit solchen und ähnlich gelagerten Studien könnte es zu interessanten Kooperationen zwischen historischer Wissenschaftsforschung auf der einen und Politik- und Kulturgeschichte auf der anderen Seite kommen, die fruchtbarer erscheinen als der allgemeine Zusammenschluss unter dem Dach der Bildwissenschaften.¹⁹ Vielmehr können Wissenschaft, Technik, Politik, Medien und Öffentlichkeit als gesellschaftliche Systeme beschrieben werden, die ihre Grenzen immer wieder neu bestimmen und die materielle und immaterielle Ressourcen füreinander bereithalten und austauschen, so dass diese sich im Idealfall gegenseitig stabilisieren und legitimieren.²⁰

Ebenso erscheinen – trotz vieler Einzelergebnisse – auch innerhalb einer Geschichte der Wissenschaften, Medizin und Technik die Implikationen des neuerlichen Studiums der visuellen Repräsentations- und Produktionsformen des Wissens noch längst nicht völlig ausgeschöpft. So hat etwa Norton Wise darauf hingewiesen, dass der Blick auf die Bilder helfen kann, sich von langlebigen historiographischen Dichotomien wie z.B. Kunst/Wissenschaft, Museum/Labor, Geometrie/Algebra zu trennen (Wise 2006). Wenn Bilder als Argumente tatsächlich ernst genommen werden sollten, dann erscheint es notwendig, neben einer Epistemologie des Materiellen auch eine des Visuellen zu entwickeln.

Der Vorschlag zur Zusammenführung der Ergebnisse von Visualisierungs- und Popularisierungsforschung zielt darauf ab, Bilder als Mittel und Medium der Vermittlung zwischen disziplinären Praktiken und der daran partizipierenden Öffentlichkeiten zu betrachten. Die in den jeweiligen Bildern transportierten Vorstellungen über die Praxis der Disziplinen sind dabei im Detail herauszuarbeiten und mit Sehgewohnheiten und Erwartungen des Publikums in Beziehung zu bringen. Es wäre aber noch zu einseitig, nur die Rezeptionsgeschichte der Bilder im öffentlichen Raum in den Blick zu nehmen oder nur das öffentliche Interesse aufzuarbeiten, wie es

nicht ausreichend erscheint, sich den Bildproduktionen exklusiv aus Sicht der wissenschaftlichen Praktiken zu nähern und publikumsrelevante Fragen außen vor zu lassen. Da die Bilder als komplexe Kulturprodukte zu verstehen sind, die zwischen Experten und Laien zirkulieren, müssen Produzenten wie Nutzer auf symmetrische Weise Gegenstand der Betrachtung werden. Denkbar wäre die Annäherung an diese Geschichte aus vier Perspektiven.

Erstens erscheint es naheliegend, die visuellen Medien der Wissenskommunikation selbst zum zentralen Gegenstand der Untersuchung werden zu lassen. Interessant ist hierbei ihre doppelte Zugehörigkeit zur Experten- und zur Laiensphäre. Dies zielt auf die Geschichte einzelner Darstellungs- und Vorführungstechniken im Kontext ihrer Verwendung in der Wissenschaftskommunikation und im Lichte des Medienwandels ab. Zu denken ist an die bereits angesprochene Fotografie, aber auch an die Geschichte des wissenschaftlichen Films, der wissenschaftlich-didaktischen Modelle (de Chadarevian/Hopwood 2004), der Bildtafel (Bucci 2006), des Lichtbildes (Bethke 2007), der Wiener Methode der Bildstatistik als spezifischer Fall einer Popularisierungs- und Visualisierungsform für empirisches Wissen (Nikolow 2007b), der enzyklopädischen Bildordnungen (Nikolow 2008) und -sammlungen (Schröder 2005), um nur einige Beispiele aus der Schnittmenge von Erkenntnisproduktion und öffentlicher Vermittlung zu nennen.

Zweitens interessieren verschiedene Räume des Wissens, in denen sich Experten- und öffentliche Bereiche überschneiden und die sich deshalb anbieten, im Hinblick auf ihre räumlichen und kommunikativen Möglichkeiten zur Wissenskommunikation untersucht zu werden. Als Beispiele kämen die klassischen öffentlichen Schauräume des Wissens wie die Zoos, botanischen Gärten, anatomischen Theater und Wissenschaftsmuseen in Frage, wozu es bereits eine reichhaltige Forschung gibt.²¹ Jenseits dieser institutionalisierten Bereiche am Kreuzungspunkt zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit ließe sich auch die explorative Ausweitung des wissenschaftlichen Blicks in den urbanen Raum (u.a. Lachmund 2002) und in neue, ferne Räume (u.a. Höhler 2002; Casser 2007) in Betracht ziehen, weil dabei Grenzen zwischen Sichtbarem und Unsichtbarem, Gewusstem und Erahntem und Fakten und Fiktionen mittels bildlicher Repräsentationen neu vermessen werden.

Drittens interessiert eine besondere Klasse von visuellen Objekten, auf die mit dem Modell der Doppelhelix und seiner Zirkulation in verschiedenen bildlichen Repräsentationen bereits hingewiesen wurde. Sie sind weder auf ›rein‹ wissenschaftliche Bilder noch auf ›rein‹ didaktische Hilfsmittel, populäre Darstellungen oder Kunstwerke zu reduzieren. Es handelt sich um Wissensobjekte, die der Wissensproduktion genauso wie der Wissensaneignung dienen.²² Sie erfüllen erkenntnistheoretische und zugleich wissenschaftskommunikative Funktionen. Sie sind Grenzobjekte, weil sie

Belange aus verschiedenen Bereichen auf sich vereinen (vgl. te Heesen 2007). Neben den Wissenschaftsbildern zählen hierzu 3-D-Modelle, digitale Simulationen, naturkundliche Schauobjekte, aufsehenerregende medizinische Präparate usw. Konkrete Beispiele wären der Gläserne Mensch im Deutschen Hygiene-Museum von 1930 (Beier/Roth 1990), die Neurath'schen bildstatistischen Tafeln (Nikolow 2007b), das Diorama im Naturkundemuseum (Wonders 1993), aber auch so populäre Wissenschaftsbilder wie der Blaue Planet (Höhler 2005) und die sogenannten Schlüsselobjekte in Wissenschaftsausstellungen und -museen. Stehen sie sogar für eine Disziplin, die sich im Zentrum der medialen Aufmerksamkeit befindet wie die Doppelhelix im Wettlauf um die Entzifferung des menschlichen Genoms, dann können sie zu Ikonen der Wissenschaft bzw. Super-Images werden (Kemp 2003; Flach 2005; Heßler 2007). Aus dieser Perspektive sind Gemeinsamkeiten und Unterschiede verschiedener visueller Repräsentationen der Wissensobjekte und deren Verhältnis zueinander zu analysieren und zwar sowohl in Bezug auf ihre jeweiligen Funktionen in den Wissenschaften als auch in ihrer öffentlichen und medialen Verwertung.

Schließlich wäre viertens wünschenswert, die Dominanz der visuellen Darstellungen innerhalb des Korpus der nichttextlichen Quellen zu hinterfragen und wissenschaftliche Bilder mit anderen wissenschaftlichen Repräsentationsformen in Beziehung zu setzen. Dies kann bedeuten, sich den jeweiligen Wechselwirkungen im Gewebe aus dem Sichtbaren und dem Sagbaren in der Analyse von Wissensproduktion und öffentlichen Repräsentationen zu stellen (vgl. Jenkins 1987; Schäfer 2004). Die Frage nach nichtverbalen Kommunikationsformen sollte auch das Interesse für die anderen Sinne der Wissenschaftler (Hören, Tasten, Schmecken) wecken, deren Geschichten noch weitgehend ungeschrieben sind.²³

Diese Beispiele belegen die Wichtigkeit von Bildanalysen, die sich dem *double-bind* von Bildern in der wissenschaftlichen Praxis widmen. Denn sie bestimmen, was als Wissenschaftsbild und damit gleichermaßen als wissenschaftliches Bild und als Bild von Wissenschaft in der Öffentlichkeit zirkulieren kann. Zusammenfassend wäre festzustellen, dass eine Auseinandersetzung mit Bildern für die historische Analyse von Wissenschaft, Medizin und Technik dann besonders interessant ist, wenn den Bildern zwar ein eigenständiger epistemischer Status bei der Produktion und Repräsentation von Wissen zugestanden wird, diese jedoch in den komplexen Zusammenhang von sozialen Praktiken und gesellschaftlichen Kontexten sowie alternativer visueller und nichtvisueller Repräsentationsformen eingebettet werden.

Anmerkungen

- 1 Das Argument wurde bereits in Nikolow/Bluma 2002 entfaltet und für Nikolow/Bluma 2008 erstmals weiterentwickelt und aktualisiert. Es spricht für die Dynamik dieses Forschungsfeldes, dass unser Essay für die deutsche Fassung erweitert und nochmals auf den neuesten Stand gebracht werden musste.
- 2 Siehe zur Geschichte dieses Fotos de Chadarevian 2003.
- 3 Siehe zur wissenschaftlich-technischen Praxis des Modellbaus und ihrer öffentlichen Repräsentation de Chadarevian 2004, vgl. dazu auch, auf de Chadarevians Arbeiten fußend, Flach 2005; Heßler 2007 sowie zur Popularisierung der Doppelhelix bereits Yoxen 1985.
- 4 Vgl. Jordanova 2000; Jacobi/Schiele 1989; Werner 2001; Sichau 2004.
- 5 Bereits die Erstveröffentlichung von Watson und Crick im April 1953 in *Nature* enthielt eine Skizze, die von Cricks Ehefrau gezeichnet wurde, siehe de Chadarevian 2003: 94.
- 6 Zur Verselbständigung der kulturellen Bedeutung dieses Bildes von seiner biologischen Funktion siehe auch Flach 2005; Kemp 2003.
- 7 Für die Ingenieurgeschichte siehe Henderson 1995: 214ff.
- 8 Vgl. dazu die Systematik von Hüppauf/Weingart in diesem Band.
- 9 Ähnlich argumentiert Pang 1997a.
- 10 Vgl. Mitchell 1992, 2005: Kap. 6 sowie seinen Beitrag in diesem Band.
- 11 Zur Rolle der Körperlichkeit bei Bildwahrnehmungen siehe auch Belting 2001.
- 12 Zur Kritik an einer Entökonomisierung der Kulturwissenschaften vgl. Berghoff/Vogel 2004.
- 13 Generell zum Forschungsgebiet der im Englischen als *science and technology studies* bezeichneten Richtung siehe Biagioli 1999 sowie Hackett 2008; Felt et al. 1995.
- 14 Hagner 2002 zeigt an einem Beispiel aus der Anthropologie einen analogen Fall der Nebeneinanderexistenz verschiedener Repräsentationsformen, vgl. auch Galison 1997 für die materielle Kultur der Mikrophysik.
- 15 Die folgende Auflistung empirischer Studien ist exemplarisch und damit weder vollständig noch umfassend.
- 16 Whitley 1985, zum Überblick siehe Felt/Novotny/Taschwer 1995: Kap. 9 sowie die Beiträge in der Zeitschrift *Public Understanding of Science*.
- 17 Für die Technikgeschichte siehe Bluma et al. 2004.
- 18 Zur Geschichte der politischen Propaganda und der Entstehung nationaler Identitäten mittels Symbolen, Ritualen, Mythen und Bildern liegen inzwischen interessante Studien vor, an die auch die Frage nach den Wissenschaftsbildern anknüpfen kann. Vgl. u.a. Paul 2004, 2006; Diehl 2006; Daniel 2006; Hartewig/Lüdtke 2004.
- 19 Zu Überschneidungen und Differenzen zwischen der Wissenschaftsgeschichte und dem umfassenden Konzept der Bildwissenschaften siehe das Interview zwischen Horst Bredekamp und Gabriele Werner mit Michael Hagner in *Bildwelten des Wissens* 1 (2003), 1.
- 20 Siehe exemplarisch aus Sicht der *science studies* zum Verständnis der Beziehungen im praktischen Vollzug Pickering 1995.
- 21 Zum Einstieg in die Problematik des naturgeschichtlichen Sammelns sowie der Ausstellung von Wissenschaftsobjekten siehe te Heesen/Spary 2001; te Heesen/Lutz 2005 und für ein Beispiel in diesem Sinne Brecht/Nikolow 2000; Nikolow 2006.
- 22 Zum Begriff der Wissensobjekte, insbesondere im musealen Kontext, siehe bereits Jordanova 1989.

- 23 Zum Problem der Akustik in den Kulturwissenschaften siehe Meyer-Kalkus 2001; Erlmann 2004.

Literatur

- Ackermann, Marion (Hg.) (2006): *Pictogramme. Die Einsamkeit der Zeichen*, Kunstmuseum Stuttgart, München: Deutscher Kunstverlag.
- Bachmann-Medick, Doris (2007): *Cultural Turns. Neuorientierungen in den Kulturwissenschaften*, 2. Aufl., Reinbek: Rowohlt.
- Badakhshi, Harun (2006): »Körper in/aus Zahlen. Digitale Bildgebung in der Medizin«. In: Inge Hinterwaldner/Markus Buschhaus (Hg.), *The Picture's Image. Wissenschaftliche Visualisierung als Komposit*, München: Fink, S. 199–205.
- Baynes, Ken/Pugh, Francis (1981): *The Art of the Engineer*, Guildford Surrey: Overlook Press.
- Becker, Patrick (2007): »Das ›wahre‹ Bild der Emotion. Bildliche Wissens- und Wesenserzeugung in den Social Brain Sciences«. In: Frank Stahnisch/Heijko Bauer (Hg.), *Bild und Gestalt. Wie formen Medienpraktiken das Wissen in Medizin und Humanwissenschaften?*, Münster: LIT, S. 149–160.
- Beier, Rosemarie/Roth, Martin (Hg.) (1990): *Der gläserne Mensch. Eine Sensation. Zur Kulturgeschichte eines Ausstellungsobjekts*, Stuttgart: Hatje.
- Belting, Hans (2001): *Bild-Anthropologie. Entwürfe für eine Bildwissenschaft*, München: Fink.
- Bensaude-Vincent, Bernadette (1997): »In the name of science«. In: John Krige/Dominique Pestre (Hg.), *Science in the Twentieth Century*, Amsterdam: Harwood Publishers, S. 319–338.
- Berger, John (1972): *Ways of Seeing: based on the BBC television series with John Berger*, London: British Broadcasting Corp.
- Berghoff, Hartmut/Vogel, Jakob (Hg.) (2004): *Wirtschaftsgeschichte als Kulturgeschichte. Dimensionen eines Perspektivenwechsels*, Frankfurt/M.: Campus.
- Bethke, Berit (2007): *Sichtbare Spuren – Spuren der Sichtbarkeit. Betrachtungen zur hygienischen Volksbelehrung in der Weimarer Republik anhand von Lichtbildreihen des Deutschen Hygiene-Museums*, Magisterarbeit. Universität Leipzig.
- Biagioli, Mario (Hg.) (1999): *The Science Studies Reader*, New York u.a.: Routledge.
- Bluma, Lars (2002): »Das Blockdiagramm und die ›Systemingenieure‹. Eine Visualisierungspraxis zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit in der US-amerikanischen Nachkriegszeit«. *NTM* 10: 247–260.

- Bluma, Lars (2005): *Norbert Wiener und die Entstehung der Kybernetik im Zweiten Weltkrieg. Eine Fallstudie zur Verbindung von Wissenschaft, Technik und Gesellschaft*, Münster: LIT.
- Bluma, Lars/Pichol, Karl/Weber, Wolfhard (Hg.) (2004): *Technikvermittlung und Technikpopularisierung. Historische und didaktische Perspektiven*, Münster: Waxmann.
- Boehm, Gottfried (Hg.) (1994): *Was ist ein Bild?*, München: Fink.
- Borck, Cornelius (2002): »Das Gehirn im Zeitbild. Populäre Neuropsychologie in der Weimarer Republik«. In: David Gugerli/Barbara Orland (Hg.), *Ganz normale Bilder. Historische Beiträge zur visuellen Selbstverständlichkeit*, Zürich: Chronos, S. 195–225.
- Borck, Cornelius (2005): *Hirnströme. Eine Kulturgeschichte der Elektroenzephalographie*, Göttingen: Wallstein.
- Brain, Robert (2007): »Representation on the Line. Graphische Aufzeichnungsinstrumente und wissenschaftlicher Modernismus«. In: Frank Stahnisch/Heijko Bauer (Hg.), *Bild und Gestalt. Wie formen Medienpraktiken das Wissen in Medizin und Humanwissenschaften?*, Münster: LIT Verlag, S. 125–148.
- Brecht, Christine/Nikolow, Sybilla (2000): »Displaying the invisible. ›Volkskrankheiten‹ on exhibition in imperial Germany.« *Studies in the History and Philosophy of Biomedical and Biological Sciences* 31: 511–530.
- Brecht, Christine/Orland, Barbara (1999): »Populäres Wissen. Editorial«. *Werkstatt Geschichte* 23: 4–12.
- Bredenkamp, Horst (2003 [1999]): *Thomas Hobbes, der Leviathan. Das Urbild des modernen Staates und seine Gegenbilder, 1651–2001*, 2. Aufl., Berlin: Akademieverlag.
- Bredenkamp, Horst (2006): *Darwins Korallen. Die frühen Evolutionsdiagramme und die Tradition der Naturgeschichte*, 2. Aufl., Berlin: Wagenbach.
- Bredenkamp, Horst et al. (2003): »Bildwelten des Wissens. Editorial«. *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik* 1, 1: 9–20.
- Bredenkamp, Horst/Schneider, Pablo (Hg.) (2006): *Visuelle Argumentationen. Die Mysterien der Repräsentation und die Berechenbarkeit der Welt*, München: Fink.
- Breidbach, Olaf (2005): *Bilder des Wissens. Zur Kulturgeschichte der wissenschaftlichen Wahrnehmung*, München: Fink.
- Bucci, Massimiano (2006): »Images of science in the classroom. Wall chartes and science education, 1850–1920«. In: Luc Pauwels (Hg.), *Visual Cultures of Science. Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*, Hanover, NH: Dartmouth College Press, S. 90–119.

- Burke, Peter (2003 [2001]): *Augenzeugenschaft. Bilder als historische Quellen*, Berlin: Wagenbach.
- Buschhaus, Markus (2005): *Über den Körper im Bilde sein. Eine Medienarchäologie anatomischen Wissens*, Bielefeld: transcript.
- Buschhaus, Markus (2006): »Zwischen Büchern und Archiven. Ikonotopische Annäherungen an das Röntgenbild«. In: Inge Hinterwaldner/Markus Buschhaus (Hg.), *The Picture's Image. Wissenschaftliche Visualisierung als Komposit*, München: Fink, S. 145–159.
- Callon, Michael (1986): »Some elements of a sociology of translation. Domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay«. In: John Law (Hg.), *Power, Action and Belief. A New Sociology of Knowledge?*, New York u.a.: Routledge & Kegan Paul, S. 196–233.
- Cambrosio, Alberto/Jacobi, Daniel/Keating, Peter (1993): »Ehrlich's ›Beautiful Pictures‹ and the controversial beginnings of immunological imagery«. *Isis* 84: 664–699.
- Cambrosio, Alberto/Jacobi, Daniel/Keating, Peter (2006): »Arguing with images. Pauling's theory of antibody formation«. In: Luc Pauwels (Hg.), *Visual Cultures of Science. Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*, Hanover, NH: Dartmouth College Press, S. 153–194.
- Cartwright, Lisa (1995): *Screening the Body. Tracing Medicine's Visual Culture*, Minneapolis, MN, u.a.: University of Minnesota Press.
- Cartwright, Lisa/Sturken, Marita (Hg.) (2001): *Practices of Looking. An Introduction to Visual Culture*, Oxford, UK: Oxford University Press.
- Casser, Anja (2007): »Künstlerische und technische Propaganda in der Weimarer Republik. Das Atelier der Brüder Botho und Hans von Römer«. In: Sybilla Nikolow/Arne Schirmacher (Hg.), *Wissenschaft und Öffentlichkeit als Ressourcen füreinander. Studien zur Wissenschaftsgeschichte im 20. Jahrhundert*, Frankfurt/M.: Campus, S. 113–136.
- de Chadarevian, Soraya (1993a): »Instruments, illustrations, skills and laboratories in nineteenth-century botany«. In: Renato G. Mazzolini (Hg.), *Non-Verbal Communication in Science Prior to 1900*, Florenz: Leo S. Olschki, S. 529–562.
- de Chadarevian, Soraya (1993b): »Graphical method and discipline. Self-recording instruments in nineteenth century physiology«. *Studies in History and Philosophy of Science* 24: 267–291.
- de Chadarevian, Soraya (2003): »Portrait of a discovery. Watson, Crick, and the doppelhelix«. *Isis* 94: 90–105.
- de Chadarevian, Soraya (2004): »Models and the making of molecular biology«. In: Soraya de Chadarevian/Nick Hopwood (Hg.), *Models. The Third Dimension of Science*, Stanford, CA: Stanford University Press, S. 339–368.

- de Chadarevian, Soraya/Kamminga, Harmke (Hg.) (2002): *Representations of the double helix*. Überarbeitete Ausgabe, Cambridge, UK: Whipple Museum of the History of Science.
- de Chadarevian, Soraya/Hopwood, Nick (Hg.) (2004): *Models. The Third Dimension of Science*, Stanford, CA: Stanford University Press.
- Cooter, Roger/Pumpfrey, Stephen (1994): »Seperate spheres and public places. Reflections on the history of science popularization and science in public culture«. *History of Science* 32: 237–267.
- Daniel, Ute (Hg.) (2006): *Kriegsberichterstattung vom 18. zum 20. Jahrhundert*, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Daston, Lorraine (1999): »Objectivity versus truth«. In: Hans Erich Bödecker/Hans Reill/Jürgen Schlumbohm (Hg.), *Wissenschaft als kulturelle Praxis 1775-1900*, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, S. 17–32.
- Daston, Lorraine (Hg.) (2004): *Things that Talk. Object Lessons from Art and Science*, New York: Zone Books.
- Daston, Lorraine/Galison, Peter (1992): »The image of objectivity«. *Representations* 40: 81–128.
- Daston, Lorraine/Galison, Peter (2007): *Objektivität*, Frankfurt/M.: Suhrkamp [amerik. Original: *Objectivity*, New York: Zone Books, 2007].
- Deilmann, Astrid (2004): *Bild und Bildung. Fotografische Wissenschafts- und Technikberichterstattung in populären Illustrierten der Weimarer Republik (1919-1932)*, Osnabrück: Der andere Verlag.
- Diehl, Paula (Hg.) (2006): *Körper im Nationalsozialismus. Bilder und Praxen*, München: Fink.
- Dietzen, Stefan (2006): »Der Satyr auf dem Larvenrücken. Zum Verhältnis vom instrumentellen Sehen und Bildtraditionen«. In: Martina Heßler (Hg.), *Konstruierte Sichtbarkeiten. Wissenschafts- und Technikbilder seit der Frühen Neuzeit*, München: Fink, S. 41–56.
- van Dijk, José (2001): »Bodies without borders. The Endoscopic gaze«. *International Journal of Cultural Studies* 4: 219–237.
- van Dijk, José (2005): *The Transparent Body. A Cultural Analysis of Medical Imaging*, Seattle, WA: University of Washington Press.
- Dommann, Monika (2003): *Durchsicht, Einsicht, Vorsicht. Eine Geschichte der Röntgenstrahlen 1896-1963*, Zürich: Chronos.
- Dürbeck, Gabriele/Gockel, Bettina/Keller, Susanne B./Renneberg, Monika/Schickore, Jutta/Wiesenfeldt, Gerhard/Wolkenhauer, Anja (Hg.) (2001): *Wahrnehmung der Natur. Natur der Wahrnehmung. Studien zur visuellen Kultur um 1800*, Dresden: Verlag der Kunst.
- Eckart, Wolfgang Uwe (1980): »Zur Funktion der Abbildung als Medium der Wissenschaftsvermittlung in der medizinischen Literatur des 17. Jahrhunderts«. *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 3: 35–53.
- Erlmann, Veit (Hg.) (2004): *Hearing Cultures. Essays on Sound, Listening and Modernity*, Oxford, UK, New York: Berg.

- Evans, Jessica/Hall, Stuart (Hg.) (1999): *Visual Culture, The Reader*, London: Sage.
- Evans, William/Priest, Susanna Hornig (1995): »Science Content and Social Context«. *Public Understanding of Science* 4: 327–340.
- Fara, Patricia (1998): »Images of a man of science«. *History Today* (October): 42–49.
- Felt, Ulrike/Nowotny, Helga/Taschwer, Klaus (1995): *Wissenschaftsforschung. Eine Einführung*, Frankfurt/M.: Campus.
- Ferguson, Eugen S. (1992): *Engineering and the Mind's Eye*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Flach, Sabine (2005): »WissensBilder. Die Doppelhelix als Ikone der Gegenwart«. In: Bippus, Elke (Hg.), *Industrialisierung – Technologisierung von Kunst und Wissenschaft*, Bielefeld: transcript, S. 64–82.
- Freudenberger, Silja/Sandkühler, Hans Jörg (Hg.) (2003): *Repräsentation, Krise der Repräsentation, Paradigmenwechsel. Ein Forschungsprogramm in Philosophie und Wissenschaften*, Frankfurt/M. u.a.: Peter Lang.
- Galison, Peter (1997): *Image and Logic. A Material Culture of Microphysics*, Chicago, IL: Chicago University Press.
- Galison, Peter (1998): »Judgement against objectivity«. In: Caroline A. Jones/Peter Galison (Hg.), *Picturing Science. Producing Art*, New York u.a.: Routledge, S. 327–359.
- Gall, Alexander (Hg.) (2007): *Konstruieren, Kommunizieren, Präsentieren. Bilder von Wissenschaft und Technik*, Göttingen: Wallstein.
- Geimer, Peter (Hg.) (2002): *Ordnungen der Sichtbarkeit. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie*, Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Gerhard, Ute/Link, Jürgen/Schulte-Holtey, Ernst (Hg.) (2001): *Infografiken, Medien, Normalisierung. Zur Kartografie politisch-sozialer Landschaften*, Heidelberg: Synchron Wissenschaftsverlag der Autoren.
- Grady, John (2006): »Edward Tufte and the promise of a visual social science«. In: Luc Pauwels (Hg.), *Visual Cultures of Science. Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*, Hanover, NH: Dartmouth College Press, S. 222–265.
- Grube, Gernot (2005): »Digitale Abbildungen – ihr prekärer Zeichenstatus«. In: Martina Heßler (Hg.), *Konstruierte Sichtbarkeiten. Wissenschafts- und Technikbilder seit der Frühen Neuzeit*, München: Fink, S. 179–196.
- Gugerli, David (1999): »Soziotechnische Evidenzen. Der ›pictorial turn‹ als Chance für die Geschichtswissenschaft«. *Traverse* 6, 3: 131–159.
- Gugerli, David (2002): »Der fliegende Chirurg. Kontexte, Problemlagen und Vorbilder der virtuellen Endoskopie«. In: David Gugerli/Barbara Orland (Hg.), *Ganz normale Bilder. Historische Beiträge zur visuellen Selbstverständlichkeit*, Zürich: Chronos, S. 251–270.

- Gugerli, David/Orland, Barbara (Hg.) (2002): *Ganz normale Bilder. Historische Beiträge zur visuellen Selbstverständlichkeit*, Zürich: Chronos.
- Hackett, Edward (et al.) (2008): *The Handbook of Science and Technology Studies*, 3. Aufl., Cambridge, MA: MIT Press.
- Hänseroth, Thomas (2006): »Gelehrte Bilder. Geometrisierte Wissensrepräsentationen in der Bauliteratur des 17. und 18. Jahrhunderts als symbolische Einlösung des Nützlichkeitsversprechens frühneuzeitlicher Wissenschaft«. In: Torsten Meyer/Marcus Popplow (Hg.), *Technik, Arbeit und Umwelt in der Geschichte. Günter Bayerl zum 60. Geburtstag*, Münster u.a.: Waxmann, S. 201–220.
- Hagner, Michael (1997): »Zwei Anmerkungen zur Repräsentation in der Wissenschaftsgeschichte«. In: Hans-Jörg Rheinberger/Michael Hagner/Bettina Währig-Schmidt (Hg.), *Räume des Wissens. Repräsentation, Codierung, Spur*, Berlin: Akademie Verlag, S. 339–355.
- Hagner, Michael (2002): »Mikro-Anthropologie und Fotografie. Gustav Fritschs Haarspaltereien und die Klassifizierung der Rassen«. In: Peter Geimer (Hg.), *Ordnungen der Sichtbarkeit. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie*, Frankfurt/M.: Suhrkamp, S. 252–284.
- Hagner, Michael (2006a): »Bilder der Kybernetik. Diagramm und Anthropologie, Schaltung und Nervensystem«. In: Martina Heßler (Hg.), *Konstruierte Sichtbarkeiten. Wissenschafts- und Technikbilder seit der Frühen Neuzeit*, München: Fink, S. 383–404.
- Hagner, Michael (2006b): *Der Geist bei der Arbeit. Historische Untersuchungen zur Hirnforschung*, Göttingen: Wallstein.
- Hanke, Christine (2006): »Ein klares Bild der »Rassen«? Visualisierungstechniken der physischen Anthropologie um 1900«. In: Martina Heßler (Hg.), *Konstruierte Sichtbarkeiten. Wissenschafts- und Technikbilder seit der Frühen Neuzeit*, München: Fink, S. 241–261.
- Hanke, Christine (2007): *Zwischen Auflösung und Fixierung. Zur Konstitution von »Rasse« und »Geschlecht« in der Physischen Anthropologie um 1900*, Bielefeld: transcript.
- Hankins, Thomas L. (1999): »Blood, dirt, and nomograms. A particular history of graphs«. *Isis* 90: 50–80.
- Hartewig, Karin/Lüdtker, Alf (Hg.) (2004): *Die DDR im Bild. Zum Gebrauch der Fotografie im anderen deutschen Staat*, Göttingen: Wallstein.
- Heering, Peter (2007): »Vom Sehen und Verstehen. Aspekte der visuellen Kultur mikroskopischer Demonstrationen des 18. Jahrhunderts«. In: Alexander Gall (Hg.), *Konstruieren, Kommunizieren, Präsentieren. Bilder von Wissenschaft und Technik*, Göttingen: Wallstein, S. 25–52.
- Heesen, Anke (2007): »Über Gegenstände der Wissenschaft und ihre Sichtbarmachung«. *Zeitschrift für Kulturwissenschaften* 1: 95–102.
- Heesen, Anke/Lutz, Petra (Hg.) (2005): *Dingwelten. Das Museum als Erkenntnisort*, Köln: Böhlau.

- te Heesen, Anke/Spary, Emma (Hg.) (2001): *Sammeln als Wissen. Das Sammeln und seine wissenschaftsgeschichtliche Bedeutung*, Göttingen: Wallstein.
- Heintz, Bettina/Huber, Jörg (Hg.) (2001): *Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten*, Wien: Springer.
- Henderson, Kathryn (1995): »The Visual Culture of Engineers«. In: Susan Leigh Star (Hg.), *The Cultures of Computers*, Oxford, UK, u.a.: Blackwell Publishers, S. 196–218.
- Hennig, Jochen (2004): »Vom Experiment zur Utopie. Bilder in der Nanotechnologie«. *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik* 2, 2: 9–18.
- Hennig, Jochen (2006a): »Lokale Bilder in globalen Kontroversen: Die heterogenen Bildwelten der Rastertunnelmikroskopie«. In: Inge Hinterwaldner/Markus Buschhaus (Hg.), *The Picture's Image. Wissenschaftliche Visualisierung als Komposit*, München: Fink, S. 243–259.
- Hennig, Jochen (2006b): »Die Versinnlichung des Unzugänglichen. Oberflächendarstellungen in der zeitgenössischen Mikroskopie«. In: Martina Heßler (Hg.), *Konstruierte Sichtbarkeiten. Wissenschafts- und Technikbilder seit der Frühen Neuzeit*, München: Fink, S. 99–116.
- Hennig, Jochen (2007): »Wissensbilder und Bilderwissen in Wissenschaftsmuseen. Das Konzept der Ausstellung ›Atombilder‹«. In: Alexander Gall (Hg.), *Konstruieren, Kommunizieren, Präsentieren. Bilder von Wissenschaft und Technik*, Göttingen: Wallstein, S. 435–460.
- Hentschel, Klaus (2002): *Mapping the Spectrum. Techniques of Visual Representation in Research and Teaching*, Oxford, UK: Oxford University Press.
- Hentschel, Klaus (2005): »Wissenschaftliche Photographie als visuelle Kultur. Die Erforschung und Dokumentation von Spektren«. *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 28: 193–214.
- Hentschel, Klaus (2006): »Zur Rolle der Ästhetik in visuellen Wissenschaftskulturen. Das Beispiel der Spektroskopie im 19. Jahrhundert«. In: Wolfgang Krohn (Hg.), *Ästhetik in der Wissenschaft. Interdisziplinärer Diskurs über das Gestalten und Darstellen von Wissen*, Hamburg: Felix Meiner, S. 233–256.
- Hess, Volker (2002): »Die Bildtechnik der Fieberkurve. Klinische Thermometrie im 19. Jahrhundert«. In: David Gugerli/Barbara Orland (Hg.), *Ganz normale Bilder. Historische Beiträge zur visuellen Selbstverständlichkeit*, Zürich: Chronos, S. 159–180.
- Heßler, Martina (2005): »Bilder zwischen Kunst und Wissenschaft. Neue Herausforderungen für die Forschung«. *Geschichte und Gesellschaft* 31: 266–292.
- Heßler, Martina (Hg.) (2006a): *Konstruierte Sichtbarkeiten. Wissenschafts- und Technikbilder seit der Frühen Neuzeit*, München: Fink.

- Heßler, Martina (2006b): »Das Imperativ der Sichtbarmachung. Zur Bildgeschichte des Unsichtbaren«. *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik* 4, 2: 69–79.
- Heßler, Martina (2006c): »Von der doppelten Unsichtbarkeit digitaler Bilder«, *Zeitenblicke* 5, 3 [<http://www.zeitenblicke.de/2006/3/Hessler>].
- Heßler, Martina (2007): »Die ›Mona Lisa der modernen Wissenschaften‹. Die Doppelhelix-Struktur als kulturelle Ikone«. In: Alexander Gall (Hg.), *Konstruieren, Kommunizieren, Präsentieren. Bilder von Wissenschaft und Technik*, Göttingen: Wallstein, S. 291–315.
- Hilgartner, Stephen (1990): »The Dominant View of Popularisation. Conceptual Problems, Popular Uses«. *Social Studies of Science* 20: 519–539.
- Hinterwaldner, Inge (2006): »Zur Fabrikation operativer Bilder in der Chirurgie«. In: Inge Hinterwaldner/Markus Buschhaus (Hg.), *The Picture's Image. Wissenschaftliche Visualisierung als Komposit*, München: Fink, S. 206–221.
- Höhler, Sabine (2002): »Profilgewinn. Karten der Atlantischen Expedition (1925–1927) der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft«. *NTM* 10: 234–246.
- Höhler, Sabine (2005): »›Raumschiff Erde‹. Lebensraumphantasien im Umweltzeitalter«. In: Iris Schröder/Sabine Höhler (Hg.), *Welt-Räume. Geschichte, Geographie und Globalisierung seit 1900*, Frankfurt/M.: Campus, S. 258–281.
- Holländer, Hans (Hg.) (2000): *Erkenntnis, Erfindung, Konstruktion. Studien zur Bildgeschichte von Naturwissenschaften und Technik vom 16. bis zum 19. Jahrhundert*, Berlin: Gebr. Mann.
- Hopwood, Nick (2004): »Plastic publishing in embryology«. In: Soraya de Chadarevian/Nick Hopwood (Hg.), *Models. The Third Dimension of Science*, Stanford, CA: Stanford University Press, S. 170–206.
- Hopwood, Nick (2005): »Visual standards and disciplinary change. Normal plates, tables and stages in embryology«. *History of Science* 43: 239–303.
- Hopwood, Nick (2006): »Pictures of evolution and charges of fraud. Ernst Haeckel's embryological illustrations«. *Isis* 97: 260–301.
- Howells, Richard (2003): *Visual Culture*, Cambridge, UK: Polity Press.
- Jacobi, Daniel/Schiele, Bernd (1989): »Scientific imagery and popularized imagery: Differences and similarities in the photographic portraits of scientists«. *Social Studies of Science* 19: 731–753.
- Jäger, Jens (2000): *Photographie: Bilder der Neuzeit. Einführung in die Historische Bildforschung*, Tübingen: edition diskord.
- Jenkins, Reese V. (1987): »Words, images, artifacts and sound. documents for the history of technology«. *British Journal for the History of Science* 20: 39–56.

- Jones, Amelia (Hg.) (2003): *The Feminism and Visual Culture Reader*, New York u.a.: Routledge.
- Jones, Caroline A./Galison, Peter (Hg.) (1998): *Picturing Science. Producing Art*, New York u.a.: Routledge.
- Jordanova, Ludmilla (1989): »Objects of knowledge. A historical perspective on museums«. In: Peter Vergo (Hg.), *The New Museology*, London: Reaktion Books, S. 22–44.
- Jordanova, Ludmilla (1990): »Medicine and the visual culture«. *Social Studies of Medicine* 3: 89–99.
- Jordanova, Ludmilla (2000): *Defining Features. Scientific and Medical Portraits 1660-2000*, London: Reaktion Book.
- Kemp, Martin (2003): »The Mona Lisa of modern science«. *Nature* 421: 416–420.
- Klamm, Stefanie (2007a): »Bilder im Wandel. Der Berliner Archäologe Reinhard Kekulé von Stradonitz und die Konkurrenz von Zeichnung und Fotografie«. *Jahrbuch der Berliner Museen* 49: 115–126.
- Klamm, Stefanie (2007b): »Vom langen Leben der Bilder. Wahrnehmung der Skulptur und ihrer Reproduktionsverfahren in der Klassischen Archäologie des 19. Jahrhunderts«. *Pegasus* 9: 209–228.
- Klein, Judy L. (1997): *Statistical Visions in Time. A History of Time Series Analysis, 1662-1938*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Klein, Judy L./Morgan, Mary S. (Hg.) (2001): »The age of economic measurement«. *Annual Supplement to History of Political Economy* 33, Durham/London: Duke University Press.
- Klein, Ursula (2003): *Experiments, Models, Paper Tools. Cultures of Organic Chemistry in the Nineteenth Century*, Stanford, CA: Stanford University Press.
- Klein, Ursula (2005): »Visualität, Ikonizität, Manipulierbarkeit. Chemische Formeln als »Paper Tools««. In: Gernot Grube/Werner Kogge/Sybille Krämer (Hg.), *Schrift. Kulturtechnik zwischen Auge, Hand und Maschine*, München: Fink, S. 237–251.
- Klemm, Tanka (2006): »Huftier oder Mensch? Bildpraktiken vergleichen der (Hirn-)Anatomie im frühen 16. Jahrhundert«. In: Inge Hinterwaldner/Markus Buschhaus (Hg.), *The Picture's Image. Wissenschaftliche Visualisierung als Komposit*, München: Fink, S. 87–103.
- Knorr-Cetina, Karin (1999): »»Viskurse« der Physik. Wie visuelle Darstellungen ein Wissenschaftsgebiet ordnen«. In: Jörg Huber/Martin Heller (Hg.), *Konstruktionen. Sichtbarkeiten*, Wien: Springer, S. 245–263.
- Krohn, Wolfgang (Hg.) (2006): *Ästhetik in der Wissenschaft. Interdisziplinärer Diskurs über das Gestalten und Darstellen von Wissen*, Hamburg: Felix Meiner.
- Kühne, Andreas/Kirch, Lisa (2007): »Die »Herschel-Porträts« und der Wandel der Wissenschaftsrepräsentation«. In: Alexander Gall (Hg.),

- Konstruieren, Kommunizieren, Präsentieren. Bilder von Wissenschaft und Technik*, Göttingen: Wallstein, S. 149–177.
- Lachmund, Jens (2002): »Kartennaturen. Zur Historischen Soziologie der Stadtökologie von Berlin (West)«. In David Gugerli/Barbara Orland (Hg.), *Ganz normale Bilder. Historische Beiträge zur visuellen Selbstverständlichkeit*, Zürich: Chronos, S. 85–104.
- Latour, Bruno (1987): *Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers Through Society*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Latour, Bruno (1990): »Drawing things together«. In: Michael Lynch/Steve Woolgar (Hg.), *Representation in Scientific Practice*, Cambridge, MA: MIT Press, S. 19–68.
- Lefèvre, Wolfgang (Hg.) (2004): *Picturing Machines. 1400-1700*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Lubar, Steven (1995): »Representation and Power«. *Technology and Culture*, Supplement zum Band 36, 2: 54–81.
- Lynch, Michael (1998): »The production of scientific images. Vision and re-vision in the history, philosophy, and sociology of science«. *Communication & Cognition* 31, 2/3: 213–228.
- Lynch, Michael/Edgerton, Samuel Y. (1988): »Aesthetics and digital image processing. Representational craft in contemporary astronomy«. In: Gordon Fyfe/John Law (Hg.), *Picturing Power. Visual Depiction and Social Relations*, London: Routledge, S. 184–220.
- Lynch, Michael/Woolgar, Steve (1990): *Representation in Scientific Practice*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Maehle, Andreas-Holger (1993): »The search for objective communication. Medical photography in the nineteenth century«. In: Renato G. Mazzolini (Hg.), *Non-Verbal Communication in Science Prior to 1900*, Florenz: Leo S. Olschki, S. 563–586.
- De Marchi, Neil/Cranford, D.W. Goodwin (Hg.) (1999): *Economic Engagements with Art*, Durham u.a.: Duke University Press.
- Meyer-Kalkus, Reinhart (2001): *Stimme und Sprechkünste im 20. Jahrhundert*, Berlin: Akademie Verlag.
- Mitchell, William J.T. (1992): »The Pictorial Turn«. *Artforum* March: 89–94.
- Mitchell, William J.T. (2005): *What Do Pictures Want? The Lives and Loves of Images*, Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Müller, Falk (2005): »Zwischen Bilderbuch und Meßgerät. Der elektronenoptische Blick auf die Realstruktur von Festkörpern«. In: Martina Heßler (Hg.), *Konstruierte Sichtbarkeiten. Wissenschafts- und Technikbilder seit der Frühen Neuzeit*, München: Fink, S. 75–98.
- Mulvey, Laura (1975): »Visual pleasure and narrative cinema«. *Screen* 16, 3: 6–18.

- Nelkin, Dorothy/Lindee, M. Susan (1995): *The DNA-Mystique. The Gene as Cultural Icon*, London: Freeman.
- Nikolow, Sybilla (1999): »Die Versinnlichung von Staatskräften«. Statistische Karten um 1800«. *Traverse* 6: 63–82.
- Nikolow, Sybilla (2001): »A.F.W. Crome's measurement of the ›Strength of the State‹. Statistical representations in Central Europe around 1800«. In: Judy L. Klein/Mary S. Morgan (Hg.), *The Age of Economic Measurement, Annual Supplement to History of Political Economy* 33, Durham u.a.: Duke University Press, S. 23–56.
- Nikolow, Sybilla (2005): »Kurven, Diagramme, Zahlen- und Mengenbilder. Die Wiener Methode der Bildstatistik als statistische Bildform«. *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik* 3, 1: 20–33, 59.
- Nikolow, Sybilla (2006): »Imaginäre Gemeinschaften. Statistische Bilder der Bevölkerung«. In: Martina Heßler (Hg.), *Konstruierte Sichtbarkeiten. Wissenschafts- und Technikbilder seit der Frühen Neuzeit*, München: Fink, 263–278.
- Nikolow, Sybilla (2007a): »Aufklärung durch und mit Beobachtungstatsachen. Neuraths Bildstatistik als Vehikel zur Verbreitung der wissenschaftlichen Weltauffassung des Wiener Kreises«. In: Sybilla Nikolow/Arne Schirmmacher (Hg.), *Wissenschaft und Öffentlichkeit als Ressource füreinander. Studien zur Wissenschaftsgeschichte im 20. Jahrhundert*, Frankfurt/M.: Campus, S. 245–272.
- Nikolow, Sybilla (2007b): »Gestaltete Bilder und visuelle Argumente. Die ›Völker der Erde‹ in Otto Neuraths Bildstatistik und ›Isotype‹«. In: Frank Stahnisch/Heijko Bauer (Hg.), *Bild und Gestalt. Wie formen Medienpraktiken das Wissen in Medizin und Humanwissenschaften?*, Münster: LIT, S. 229–243.
- Nikolow, Sybilla (2008): »Gesellschaft und Wirtschaft. An encyclopedia in Otto Neurath's pictorial statistics from 1930«. In: W. Boyd Rayward (Hg.), *European Modernism and the Information Society. Informing the Present, Understanding the Past*, London: Ashgate, S. 257–278.
- Nikolow, Sybilla/Bluma, Lars (2002): »Bilder zwischen Öffentlichkeit und wissenschaftlicher Praxis. Neue Perspektiven für die Geschichte der Medizin, Naturwissenschaften und Technik«. *NTM* 4: 201–208.
- Nikolow, Sybilla/Bluma, Lars (2008): »Science images between scientific fields and the public sphere. A historiographical survey«. In: Bernd Hüppauf/Peter Weingart (Hg.), *Science Images and Popular Images of the Sciences*, New York u.a.: Routledge, S. 33–51.
- Nikolow, Sybilla/Schirmmacher, Arne (Hg.) (2007): *Wissenschaft und Öffentlichkeit als Ressource füreinander. Studien zur Wissenschaftsgeschichte im 20. Jahrhundert*, Frankfurt/M.: Campus.
- Orland, Barbara (2006): »Repräsentation von Leben. Visualisierung, Embryonenmanagement und Qualitätskontrolle im reproduktionsmedizinischen

- schen Labor«. In: Inge Hinterwaldner/Markus Buschhaus (Hg.), *The Picture's Image. Wissenschaftliche Visualisierung als Komposit*, München: Fink, S. 222–242.
- Pang, Alex-Sooyung Kim (1997a): »Visual representation and post-constructivist history of science«. *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 28: 139–171.
- Pang, Alex Sooyoung Kim (1997b): »Stars should henceforth register themselves. Astrophotography at the early link observatory«. *British Journal for the History of Science* 30: 177–202.
- Pasveer, Bernike (2006): »Representing or mediating. A history and philosophy of x-ray images in medicine«. In: Luc Pauwels (Hg.), *Visual Cultures of Science. Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*, Hanover, NH: Dartmouth College Press, S. 41–62.
- Paul, Gerhard (2004): *Bilder des Krieges – Krieg der Bilder. Die Visualisierung des modernen Krieges*, Paderborn: Verlag Ferdinand Schöningh.
- Paul, Gerhard (2006) (Hg.): *Visual History. Ein Studienbuch*, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Pickering, Andy (1995): »Cyborg history and the World War II regime«. *Perspectives on Science* 1: 1–48.
- Pörksen, Uwe (1997): *Weltmarkt der Bilder. Eine Philosophie der Visiotypie*, Stuttgart: Klett-Cotta.
- Prodger, Phillip (1998): »Illustration as strategy in Charles Darwin's *The Expression of the Emotions in Man and Animals*«. In: Timothy Lenoir (Hg.), *Inscribing Science. Scientific Texts and the Materiality of Communication*, Stanford, CA: Stanford University Press, S. 140–181.
- Rasmussen, Nicolas (1997): *Picture Control. The Electron Microscope and the Transformation of Biology in America, 1940-1960*, Stanford, CA: Stanford University Press.
- Reiser, Stanley Joel (1978): *Medicine and the Reign of Technology*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Rheinberger, Hans-Jörg/Hagner, Michael/Wahrig-Schmidt, Bettina (Hg.) (1997): *Räume des Wissens. Repräsentation, Codierung, Spur*, Berlin: Akademie Verlag.
- Roeck, Bernd (2003): »Visual turn? Kulturgeschichte und die Bilder«. *Geschichte und Gesellschaft* 29: 294–315.
- Rudwick, Martin J.S. (1976): »The emergence of a visual language for geological science 1760-1840«. *History of Science* 14: 149–195.
- Rudwick, Martin J.S. (1992): *Scenes from Deep Time. Early Pictorial Representations of the Prehistoric World*, Chicago: University of Chicago Press.
- Schäfer, Armin (2004): »Das Gewebe aus Sichtbarem und Sagbarem«. *Zeitschrift für Ästhetik und allgemeine Kunstwissenschaft* 49: 281–294.

- Schaffer, Simon (1998): »On astronomical drawing«. In: Caroline Jones/ Peter Galison (Hg.), *Picturing Science. Producing Art*, New York u.a.: Routledge, S. 441–474.
- Schickore, Jutta (2007): *The Microscope and the Eye: A History of Reflections, 1740-1870*, Chicago: Chicago University Press.
- Schirmmacher, Arne (2007a): »Der lange Weg zum neuen Bild des Atoms. Zum Vermittlungssystem der Naturwissenschaften zwischen Jahrhundertwende und Weimarer Republik«. In: Sybilla Nikolow/Arne Schirmmacher (Hg.), *Wissenschaft und Öffentlichkeit als Ressourcen füreinander. Studien zur Wissenschaftsgeschichte im 20. Jahrhundert*, Frankfurt/M.: Campus, S. 39–73.
- Schirmmacher, Arne (2007b): »Einsicht in die Materie. Konjunkturen und Formen von Atombildern«. In: Alexander Gall (Hg.), *Konstruieren, Kommunizieren, Präsentieren. Bilder von Wissenschaft und Technik*, Göttingen: Wallstein, S. 109–145.
- Schlich, Thomas (1995): »Wichtiger als der Gegenstand selbst. Die Bedeutung des fotografischen Bildes in der Begründung der bakteriologischen Krankheitsauffassung durch Robert Koch«. In: Martin Dinges/Thomas Schlich (Hg.), *Neue Wege in der Seuchengeschichte*, Stuttgart: Franz Steiner, S. 143–174.
- Schlich, Thomas (1997): »Die Repräsentation von Krankheitserregern. Wie Robert Koch Bakterien als Krankheitsursache dargestellt hat«. In: Hans-Jörg Rheinberger/Michael Hagner/Bettina Wahrig-Schmidt (Hg.), *Räume des Wissens. Repräsentation, Codierung, Spur*, Berlin: Akademie-Verlag, S. 165–190.
- Schröder, Iris (2005): »Die Erde im Archiv. Das Projekt einer Humangeographie in Bildern, 1911-1931«. In: Iris Schröder/Sabine Höhler (Hg.), *Welt-Räume. Geschichte, Geographie und Globalisierung seit 1900*, Frankfurt/M.: Campus, S. 100–119.
- Schulz, Stefan (2008): »Sehen lernen. Zur Geschichte der Körperdarstellungen in der Medizin am Beispiel des ungeborenen Menschen«. In: HNF – Heinz Nixdorf Museumsforum (Hg.), *Blicke in den Körper*, München: Fink, im Druck.
- Secord, Anne (2002): »Botany on plate. Pleasure and the power of pictures in promoting early-nineteenth-century scientific knowledge«. *Isis* 93: 28–57.
- Shapin, Stephen (1990): »Science and public«. In: R.C. Olby et al. (Hg.), *Companion to the History of Modern Science*, New York u.a.: Routledge, S. 990–1006.
- Sichau, Christian (2004): »Wissenschaftliche Instrumente und das Bild der Wissenschaft«. *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik* 2, 2: 37–45.
- Stafford, Barbara (1994): *Artfull Science. Enlightenment, Entertainment and the Eclipse of Visual Education*, Cambridge, MA: MIT Press.

- Stahnisch, Frank (2007): »Mind the gap. Synapsen oder keine Synapsen? Bildkontrolle, Wortwechsel und Glaubenssätze im Diskurs der morphologischen Hirnforschung«. In: Frank Stahnisch/Heijko Bauer (Hg.), *Bild und Gestalt. Wie formen Medienpraktiken das Wissen in Medizin und Humanwissenschaften?*, Münster: LIT, S. 101–124.
- Stahnisch, Frank/Bauer, Heijko (Hg.) (2007): *Bild und Gestalt. Wie formen Medienpraktiken das Wissen in Medizin und Humanwissenschaften?*, Münster: LIT.
- Star, Susan/Griesemer, James R. (1989): »Institutional Ecology. Translations and Boundary Objects. Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vetrebrate Zoology. 1907-39«. *Social Studies of Science* 19: 387–420.
- Tanner, Jakob (2002): »Wirtschaftskurven. Zur Visualisierung des anonymen Marktes«. In: David Gugerli/Barbara Orland (Hg.), *Ganz normale Bilder. Historische Beiträge zur visuellen Selbstverständlichkeit*, Zürich: Chronos, S. 129–158.
- Tucker, Jennifer (1997): »Photography as witness, detective, and impostor. Visual representation in Victorian science«. In: Bernard Lightman (Hg.), *Victorian Science in Context*, Chicago, IL: Chicago University Press, S. 378–408.
- Tucker, Jennifer (2006): »The historian, the picture, and the archive«. *Isis* 97: 111–120.
- Voss, Julia (2007): *Darwins Bilder. Ansichten der Evolutionstheorie 1837-1874*, Frankfurt/M.: Fischer.
- Watson, James (1971 [1968]): *Die Doppel-Helix. Ein persönlicher Bericht über die Entdeckung der DNS-Struktur*, Reinbek: Rowohlt.
- Weingart, Peter (2001): *Die Stunde der Wahrheit. Zum Verhältnis der Wissenschaft zu Politik, Wirtschaft und Medien in der Wissensgesellschaft*, Weilerswist: Velbrück Wissenschaft.
- Weingart, Peter (2005): *Die Wissenschaft der Öffentlichkeit. Essays zum Verhältnis von Wissenschaft, Medien und Öffentlichkeit*, Weilerswist: Velbrück Wissenschaft.
- Wenk, Silke (2007): »Visuelle Politik und Körperbilder«. In: Paula Diehl/Gertrud Koch (Hg.), *Inszenierungen der Politik. Der Körper als Medium*, München: Fink, S. 161–175.
- Werner, Gabriele (2001): »Das Bild vom Wissenschaftler. Wissenschaftler im Bild«. *Kunsttexte.de*, Sektion Bild/Wissen/Technik, Nr. 1, <http://www.kunsttexte.de/download/bwt/werner.pdf>.
- Wellmann, Janina (2008): »Die Metamorphose der Bilder. Die Verwandlung der Insekten und ihre Darstellung vom Ende des 17. bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts«. *NTM* 16, im Druck.
- Whitley, Richard (1985): »Knowledge producers and knowledge acquires. Popularisation as a relation between fields and their publics«. In: Terry

- Shinn/Richard Withley (Hg.), *Expository Science. Forms and Functions of Popularisation*, Boston: Reidel, S. 3–28.
- Wiesenfeldt, Gerhard (2001): »Säkularisierung der Naturerkenntnis. Zur bildlichen Darstellung von Experimenten in Lehrbüchern des 18. Jahrhunderts«. In: Gabriele Dürbeck/Bettina Gockel/Susanne B. Keller/Monika Renneberg/Jutta Schickore/Gerhard Wiesenfeldt/Anja Wolkenhauer (Hg.), *Wahrnehmung der Natur. Natur der Wahrnehmung. Studien zur visuellen Kultur um 1800*, Dresden: Verlag der Kunst, S. 103–116.
- Wiesenfeldt, Gerhard (2002): »Politische Ikonographie von Wissenschaft. Die Abbildung von Teylers ›ungemein großer‹ Elektrisiermaschine, 1785/87«. *NTM* 10: 222–233.
- Wise, Norton (2006): »Making visible«. *Isis* 97: 75–82.
- Wonders, Karen (1993): *Habitat Dioramas. Illusions of Wilderness in Museums of Natural History*, Uppsala: Almqvist & Wiksell.
- Yoxen, Edward (1985): »Speaking out about competition. An essay on ›The Double Helix‹ as popularisation«. In: Therry Shinn/Richard Withley (Hg.), *Expository Science. Forms and Functions of Popularisation*, Dordrecht, The Netherlands u.a.: Reidel, S. 163–181.