



Abb. 1.1 Naturwahrheit. *Campanula foliis bastatis dentatis*, Carolus Linnaeus, *Hortus Cliffortianus* (Amsterdam: ohne Verlagsangabe, 1737), Tafel 8. Diese von Georg Dionysius Ehret gezeichnete und von Jan Wandelaar in Kupfer gestochene Illustration für ein botanisches Werk, das zum Meilenstein des Fachs wurde und noch heute von Taxonomen benutzt wird, beruhte auf genauen Beobachtungen des Naturforschers und des Künstlers und sollte den Grundtyp der Pflanzenart, aber kein individuelles Exemplar abbilden. Dies ist ein Bild des Charakteristischen, des Wesentlichen, des Allgemeinen, des Typischen: Naturwahrheit.



Abb. 1.2 Mechanische Objektivität. Schneeflocke, Gustav Hellmann mit Mikrophotographien von Richard Neuhauss, *Schneekristalle: Beobachtungen und Studien* (Berlin: Mikkenberger, 1893), Tafel 6, No. 1. Eine einzelne Schneeflocke wird mit sämtlichen Besonderheiten und Asymmetrien gezeigt: ein Versuch, die Natur mit möglichst wenigen menschlichen Eingriffen zu erfassen: mechanische Objektivität.

Lorraine Daston / Peter Galison: Objektivität [2007].  
 Frankfurt/Main: Suhrkamp 2007.

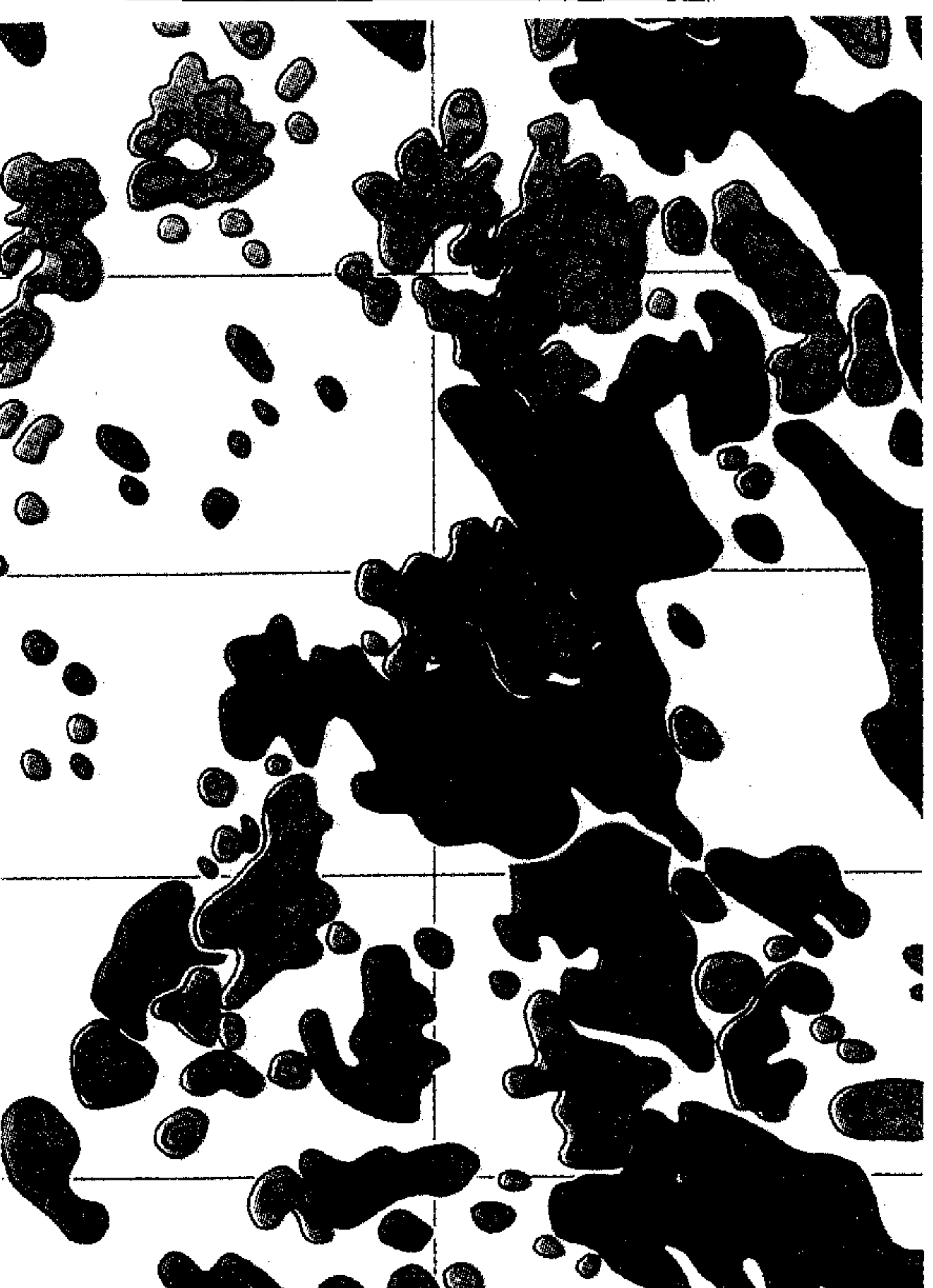


Abb. 1.3 Geschultes Urteil. Sonnenumkehrung 1417, August-September 1959 (Details), Robert Howard, Václav Bumba und Sara F. Smith, *Atlas of Solar Magnetic Fields*, August 1959-Juni 1966 (Washington, DC: Carnegie Institute, 1967). Dieses Bild von Magnetfeldern der Sonne ist eine Mischung aus Aufzeichnungen hochempfindlicher Apparate und »subjektivem« Glätten der Daten – die Verfasser hielten diesen Eingriff für nötig, um von den Instrumenten produzierte Artefakte zu entfernen: geschultes Urteil. (Siehe auch Farbteil)

Bedeutung für die wissenschaftliche Praxis waren; und drittens, weil Atlanten Maßstäbe dafür setzten, wie Phänomene gesehen und abgebildet werden sollten. Wissenschaftliche Bilder sind Bilder in Aktion, und sie sind in allen Wissenschaften, für die das Auge wichtig ist, von der Anatomie bis zur Physik, von der Meteorologie bis zur Embryologie, seit Jahrhunderten am Werk.

### Kollektive empirische Forschung

Alle Wissenschaften müssen Objekte auswählen und festlegen, mit denen sich arbeiten läßt, »Arbeitsobjekte« im Gegensatz zu den allzu reichhaltigen und unterschiedlichen natürlichen Objekten. Arbeitsobjekte können Atlashilder, typische Mustere Exemplare oder Laborproben sein – alles, was überschaubar, mitteilbar und repräsentativ für den Ausschnitt der Natur ist, der untersucht werden soll. Keine Wissenschaft kommt ohne solche standardisierten Arbeitsobjekte aus, denn unbehandelte natürliche Objekte sind zu kapriziös in ihrer Besonderheit, um Verallgemeinerungen und Vergleichen zugänglich zu sein. Manchmal ersetzen die Arbeitsobjekte Proben aus der Natur. So konnte man in einem Bericht von 1895 über die Sammlung der auf Pergament gemalten Pflanzen und Blumen im Pariser Musée d'Histoire Naturelle lesen, daß diese Abbildungen ein Weg zur »Neubelebung von Pflanzen sind, die [..] zufällig einmal in fünfzig oder hundert Jahren blühten, so wie die Agave, die letztes Jahr eine Blüte hatte; dasselbe gilt für die Tiere, die oft vorkommen, aber nicht in unseren Breiten, und von denen man manchmal nur ein Exemplar in Jahrhunderten sieht«. <sup>3</sup> Selbst Wissenschaftler, die für sich allein arbeiten, müssen ihre Objekte an einer Norm ausrichten. Die *kollektive empirische Forschung*, an der mehrere Generationen von Forschern in mehreren Kontinenten mitwirken, ist noch dringender auf gemeinsame Forschungsgegenstände angewiesen.

Atlanten sind systematische Sammlungen von Arbeitsobjekten. Sie sind die Wörterbücher der Augenwissenschaften. Atlanten schulen den Blick der Eingeweihten wie der Neulinge so, daß bestimmte Arten von Gegenständen als exemplarisch verstanden (zum Beispiel diese »typische« gesunde Leber und nicht die andere, von Zirrhose zerfresene) und auf eine bestimmte Weise betrachtet werden (zum Beispiel entsprechend der Himmelsprojektion Flamsteeds und nicht der Prole-

mäischen). In den meisten empirischen Wissenschaften zahlt sich ein geübtes Auge aus. Die Atlanten schulen das Auge des Anfängers und schärfen den Blick des Erfahrenen neu. Wenn Atlanten Bilder präsentieren, die von neuen Instrumenten hergestellt wurden, wie es bei den bakteriologischen Atlanten am Ende des neunzehnten und den Röntgenbildatlanten Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts der Fall war, muß jeder fachkundige Nutzer des Atlas neu »sehen« lernen. Ganz gleich, wie lang der Text in einem Atlas ist und welche Funktion ihm zugeschrieben wird – er kann lang und wichtig oder auch nicht vorhanden oder belanglos sein –, Illustrationen spielen in jedem Fall die Hauptrolle. Gewöhnlich im Großformat präsentiert, tadellos gezeichnet und reproduziert sowie aufwendig gedruckt, sind sie die *raison d'être* des Atlas. Schon die Bilder in einem Atlas »Illustrationen« zu nennen heißt, ihre Vorrangstellung zu verkennen, denn damit unterstellt man, daß sie nur eine Hilfsfunktion haben, einen Text oder eine Theorie nur erläutern sollen. Einige frühe astronomische Atlanten verwenden die Abbildungen im genauen Wortsinn als Illustrationen, um konkurrierende Kosmologien zu erklären. <sup>4</sup> Aber in den meisten Atlanten seit dem achtzehnten Jahrhundert sind die Bilder das A und O des Genres.

Nicht nur machen Bilder den Atlas aus; Atlantenbilder machen die Wissenschaft aus. Atlanten sind für die auf Beobachtung angewiesenen empirischen Wissenschaften die Speicher der maßgeblichen Bilder. Die Bezeichnung »Atlas« hat Gerardus Mercator 1595 mit seinem Weltatlas eingeführt: *Atlas sive cosmographicae meditationes de fabrica mundi et fabricati figura* [Atlas oder kosmographische Überlegungen über die Machart der Welt und ihre Abbildung]. (Der Titel war eine Anspielung auf den Titanen Atlas aus der griechischen Mythologie, der die Welt auf seinen Schultern trug.) Am Ende des achtzehnten Jahrhunderts bezeichnete der Name nicht mehr nur geographische, sondern auch astronomische und anatomische Werke («Landkarten« des Himmels oder des menschlichen Körpers) und wurde seit der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts für Bildwerke aller empirischen Wissenschaften benutzt. <sup>5</sup> Auch wenn ältere Bücher die Bezeichnung »Atlas« nicht im Titel führten, waren sie doch eindeutig Teil des Stammbaums, den spätere Verfasser von Atlanten zu beachten hatten: Jeder neue Atlas mußte zu Beginn klarstellen, warum die alten ihrer Aufgabe nicht mehr genügen, warum neue maßgebende Bilder nötig sind. Diese Genealogien definieren, was in unserer Dar-

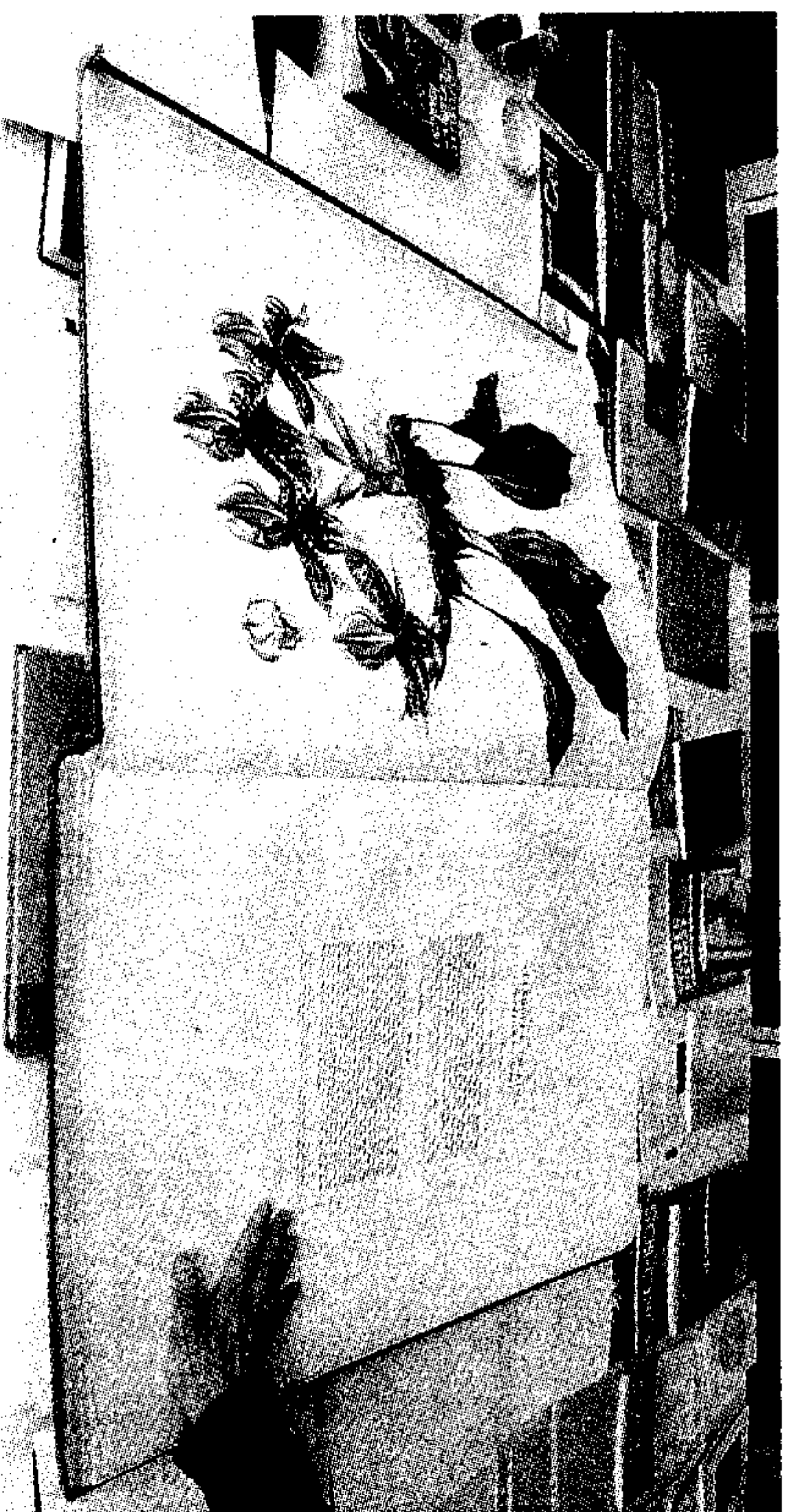


Abb. 1.4 Doppeltes Elefant-Folio. *Stanhopia tigrina*. James Bateman, *The Orchidaceae of Mexico and Guatemala* (London: Ridgeway, 1837-1843), Tafel 7, gezeichnet von Augusta Withers und lithographiert von M. Gauci. Dieser aufwendig ausgestattete Pflanzenatlas nutzt das Großformat für die handkolorierten Orchideenbilder voll aus, beschränkt den Begleittext aber auf das Format  $8,5 \times 11$  Zoll, so daß er auf der gegenüberliegenden Seite wie eine Insel schwimmt. Auf dem Photo geben die Hand und die auf dem Tisch liegenden Bücher in Normalformat einen Eindruck von der Größe dieses kostbaren, überdimensionalen, unhandlichen Bandes, dessen Format mit Rücksicht auf die Illustrationen gewählt war: Photographie von Kelley Wilder. (Siehe auch Farbteil)

stellung als Atlas zählt. Ob Atlanten Kristalle oder Teilchenbahnen in Blaskammern, Hirschnitte oder Milchstraßen zeigen, immer noch zielen sie auf die Kartographierung des Fachgebiets, zu dem sie gehören. Sie sind die Nachschlagewerke, die Praktiker ständig konsultieren, um herauszufinden, was sehenswert ist, wie es aussieht und, vielleicht am wichtigsten, wie es gesehen werden sollte.

Diese Nachschlagewerke können kleine Handbücher sein, die in die Tasche eines Feldforschers passen, aber sie neigen zum Großformat. Viele Folianten sind sogar übergroß (das Format »Atlas-Folio« ist dreißig bis fünfundsiebzig Zoll hoch, das entspricht etwa DIN A3), und manche sind so groß und so schwer, daß eine Einzelperson sie nur mit Mühe halten kann. John Audubons *Birds of America*, 1827-38, wurde als doppeltes Elefant-Folio gedruckt (siebendzwanzig mal neununddreißig Zoll); John Batemans *Orchidaceae of Mexico and Guatemala*, 1837-43, wog über siebzehn Kilo. (Siehe Abb. 1.4, 1.5 und Farbteil) Die Ambitionen der Autoren stehen dem Großformat der Bücher in nichts nach. Atlasmacher umwerben,

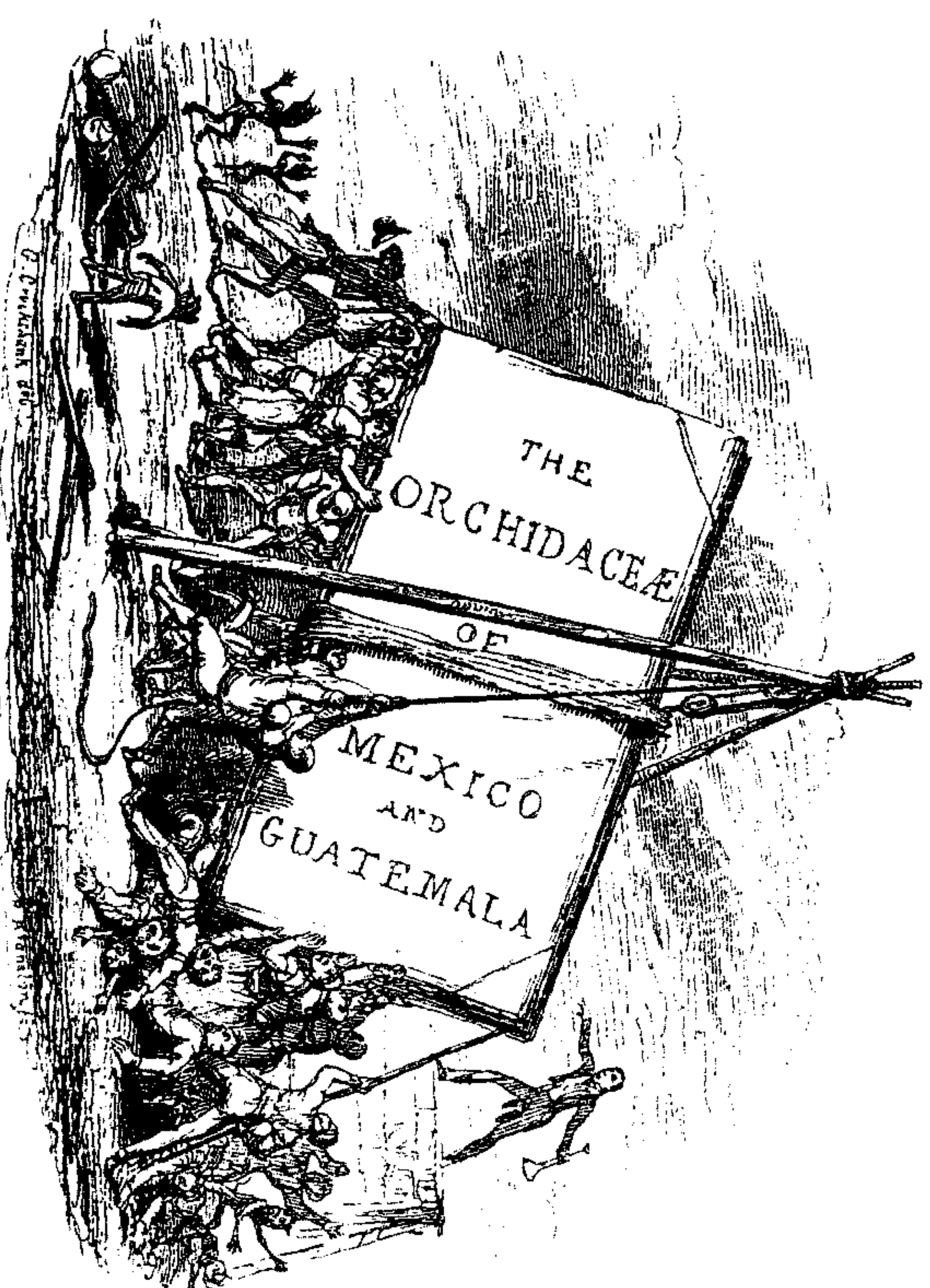


Abb. 1.5 »Großes Buch, großes Übel«. James Bateman, *The Orchidaceae*, S. 8, gezeichnet von George Cruikshank. Der viktorianische Karikaturist macht sich über das Riesenformat von Batemans Atlas lustig. Ein ganzes Team von Arbeitern müht sich, das Buch mit einem Flaschenzug hochzuziehen; die griechische Bildunterschrift wird noch unterstrichen durch die geschwänzten Teufelchen auf der linken Bildseite. Da Bateman selbst die Karikatur in Auftrag gegeben hat, bringt sie wahrscheinlich seine eigenen gemischten Gefühle – teils Begeisterung, teils Ironie – gegenüber seinem *opus magnum* zum Ausdruck.

bedrängen und monopolisieren die besten verfügbaren Künstler. Sie verwenden Tinte und Papier feinsten Qualität und drucken die Bilder manchmal überlebensgroß. Wie die Autoren unermülich betonen, sind Atlanten teure, bisweilen opulente Werke, die Zeit, Nerven und Geld verschlingen. Vorworte in Atlanten lesen sich manchmal wie eine Aufzählung der Prüfungen Hiobs: die Fehler früherer Werke, die verbessert werden müssen; das lange Warten auf die genau richtigen Mustereemplare; das Umwerben und Korrigieren des Künstlers; der offene Krieg mit dem knauserigen Verleger; die Armut, die den unermülichen Autor im Lauf des schier endlosen Projekts eingeholt hat. Diese Plagen nimmt man auf sich, weil ein Atlas Generationen von Be-

obachtern zur dauerhaften Orientierung dienen soll. Jeder Atlas wird mit Fanfarenstößen präsentiert, als sei er das ultimative Werk, das nicht mehr zu übertreffen ist. Atlanten wollen definitiv in jedem Sinn des Wortes sein: Sie setzen in Wort, Bild und Tat Maßstäbe einer Wissenschaft – sie bestimmen, wie beschrieben, abgebildet und gesehen werden sollte.

Spätestens seit dem siebzehnten Jahrhundert dienen wissenschaftliche Atlanten dazu, das Auge des Neulings zu schulen und den Blick des alten Hasen zu eichen; sie lehren, das Wesentliche zu sehen und das Zufällige zu übersehen, sie zeigen, welche Objekte typisch und welche anomal sind, wie weit Variabilität in der Natur reicht und wo ihre Grenzen liegen. Ohne diese Werke müßte jeder Naturforscher das Sehen, Ausschuchen und Sortieren ganz von vorn lernen. Auf der Arbeit anderer aufzubauen wäre schwierig oder unmöglich, da man nie gewiß sein könnte, ob die eigenen Vorgänger und Korrespondenten sich auf dieselbe Sache bezogen und ihre Sichtweise in derselben Schule gelernt hatten. Visuell eingestimmt wären nur die Adepten, die an der Seite des Meisters gelernt hatten. Die Wissenschaft wäre immer noch, wie in den langen Jahrhunderten, bevor die Druckerkunst eine weite Verbreitung solcher Atlanten möglich machte, auf lokale Traditionen des Meister-Schüler-Verhältnisses beschränkt. Die Abbildungen, um die es hier geht, waren keineswegs nur dekorativ. Sie ermöglichen kollektive empirische Forschung in den Wissenschaften, und zwar auch jenseits der Grenzen lokaler Schulen.

Einen Atlas machen und benutzen ist eine der am wenigsten individuellen Aktivitäten in der Wissenschaft. Atlanten sind von Natur aus kollektiv. Sie sind auf eine lange Lebensdauer ausgerichtet: Wenn alles gutgeht, sollten sie mehreren Generationen in einer Wissenschaftegemeinschaft dienen können. Viele sind selbst die Frucht einer Zusammenarbeit, verdanken ihre Bilder einer Vielzahl von Autoren oder Autorengruppen. Fast alle sind auf eine enge Arbeitsgemeinschaft zwischen Autor und Illustrator angewiesen. Aber Atlanten leisten noch mehr: Sie machen andere Kollaborationen möglich, zum Beispiel die lockere Zusammenarbeit, die weiterverstreuten Beobachtern den Austausch und die Akkumulation von Resultaten erlaubt. Frühe Atlanten waren oft in Latein verfaßt, um eine maximale Verbreitung zu sichern; nachdem Latein als Lingua franca der Gelehrtenwelt abgeschafft war, wurden statt dessen zwei- und dreisprachige Atlanten herausgegeben. Der Atlas ist ein profund »soziales« Unternehmen;

aber weil der Begriff »sozial« so viele verschiedene Konnotationen hat, sagt man vielleicht präziser, daß Atlanten immer und grundsätzlich eine exemplarische Form von kollektiver empirischer Forschung sind: eine Zusammenarbeit von räumlich und zeitlich voneinander entfernten Forschern mit dem Ziel, Naturphänomene zu untersuchen, die so umfangreich und vielfältig sind, daß auch der brillanteste, gelehrteste und fleißigste Denker sie nicht im Alleingang erfassen kann.

Atlasmacher schaffen einen Splitter der Welt neu in Bildern – Skelte, Sterne, Bakterien können dieser Splitter sein. Atlasbenutzer werden zum Volk eines Buchs, das sie lehrt, ihre Splitterwelt zu verstehen und sich mit anderen darüber zu verständigen. Bestimmte Atlasbilder können zu Gruppenabzeichen werden – was heute T-Shirts und Konferenz-Logos signalisieren, war in vergangenen Jahrzehnten und Jahrhunderten dem Gedächtnis eingebrannt wie Icons. Eselsohrig und zerlesen vom ständigen Gebrauch, spannen Atlanten Forscher wie Phänomene ein. Sie setzen voraus und stiften zugleich Beobachtergemeinschaften, die dieselben Dinge in derselben Weise sehen. Ohne die einigende Wirkung solcher Folianten wären alle wissenschaftlichen Beobachter bei ihrer Arbeit isoliert – das behaupten Atlasmacher seit langem.

In diesem Buch verfolgen wir die Entstehung epistemischer Tugenden anhand der Bilder, mit denen Forscher und Atlanten arbeiten – diese Bilder sind keineswegs die einzige, aber immerhin eine besonders verräterische Ausdrucksform von Naturwahrheit oder Objektivität oder geschultem Urteil. Prüft man Bände von maßgeblichen Abbildungen (in Atlanten, Handbüchern, Compendien und Expeditionsberichten), werden abstrakte Begriffe wie etwa »Objektivität« konkret und sichtbar; sie spiegeln, wie sich die wissenschaftlichen Anforderungen ändern, die erfüllt sein müssen, damit eine Abbildung als »zutreffend« akzeptiert wird.

Die Geschichte, die wir uns vornehmen, wirft einen ganzen Schwarm von Fragen auf: Was genau sind epistemische Tugenden? Wie lassen sich die schwer greifbaren abstrakten Normen »Wahrheit«, »Objektivität« und »Urteilsvermögen« mit handfester wissenschaftlicher Feldarbeit verbinden? Warum sollte man versuchen, einer Entität vom Abstraktionsgrad der Erkenntnistheorie in den konkreten Details einer Zeichnung oder Photographie auf die Spur zu kommen? Und vor allem: Wie kann die Objektivität eine Geschichte haben? Im

Timothy Lenoir (Hg.), *Inscribing Science: Scientific Texts and the Materiality of Communication* (Stanford: Stanford University Press, 1998), S. 249-284.

- 2 Die Literatur über die Rolle des Visuellen in der Wissenschaft ist umfangreich. Besonders wichtig sind: Martin Rudwick, »The Emergence of a Visual Language for Geological Science, 1760-1840«, in: *History of Science* 14 (1976), S. 149-195; Bruno Latour, »Visualization and Cognition: Thinking with Eyes and Hands«, in: *Knowledge and Science* 6 (1986), S. 1-40; John Law u. Michael Lynch, »Lists, Field Guides, and the Descriptive Organization of Seeing: Birdwatching as an Exemplary Observational Activity«, in: Michael Lynch u. Steve Woolgar (Hg.), *Representation in Scientific Practice* (Cambridge, MA: MIT Press, 1990), S. 267-299; Michael Lynch, »Science in the Age of Mechanical Reproduction: Moral and Epistemic Relations Between Diagrams and Photographs«, in: *Biology and Philosophy* 6 (1991), S. 205-226; Gordon Fyfe u. John Law (Hg.), *Picturing Power: Visual Depiction and Social Relations* (London und New York: Routledge, 1988); Jonathan Crary, *Techniques of the Observer: On Vision and Modernity in the Nineteenth Century* (Cambridge, MA: MIT Press, 1990) (dt. *Techniken des Betrachters*, Übers. Anne Vonderstein, Dresden u. a.: Verlag der Kunst, 1996); Ann Shelby Blum, *Picturing Nature: American Nineteenth-Century Zoological Illustration* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1993); Jennifer Tucker, »Photography as Witness, Detective and Impostor: Visual Representation in Victorian Science«, in: Bernard Lightman (Hg.), *Victorian Science in Context* (Chicago: University of Chicago Press, 1997), S. 378-408; Peter Galison, *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics* (Chicago: University of Chicago Press, 1997); Nicolas Rasmussen, *Picture Control: The Electron Microscope and the Transformation of Biology in America, 1940-1960* (Stanford, CA: Stanford University Press, 1997); Caroline A. Jones u. Peter Galison (Hg.), *Picturing Science, Producing Art* (New York: Routledge, 1998); Alex Soojung-Kim Pang, »Visual Representation and Post-constructivist History of Science«, in: *Historical Studies in the Physical and Biological of Sciences* 28 (1997), S. 139-171; Klaus Hentschel, *Mapping the Spectrum: Techniques of Visual Representation in Research and Teaching* (Oxford: Oxford University Press, 2002); Soraya de Chadarevian u. Nick Hopwood (Hg.), *Models: The Third Dimension of Science* (Stanford, CA: Stanford University Press, 2004) sowie Jennifer Tucker, *Nature Exposed. Photography as Eyewitness in Victorian Science* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005). Immer noch ein Klassiker über das Training des wissenschaftlichen Auges ist Ludwik Fleck, *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache: Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv* (Basel: Benno Schwabe, 1935); siehe auch Ilana Löwy (Übers. u. Hg.), *The Polish School of Philosophy of Medicine: From Tytus Chalubinski (1820-1889) to Ludwik Fleck (1896-1961)* (Dordrecht: Kluwer, 1990).

- 3 Antoine-Clair Thibadeau, *Rapport fait au nom du comité d'instruction et des finances, sur le Muséum national d'histoire naturelle, à la séance du 21 fimaire, l'an 3* (Paris: Imprimerie nationale, 1795), S. 4-5 (MS 2737, Muséum National d'histoire Naturelle, Paris).
- 4 Siehe beispielsweise Johann Gabriel Doppelmayr, *Atlas coelestis* (Nürnberg: Heredum Homannianor, 1742) oder Andreas Callarius, *Harmonia macrocosmica seu atlas universalis et novus* (Amsterdam: Joannem Janssonium, 1661).
- 5 Vgl. die von Bert van't Hoff hg. Reproduktion von Mercators Weltkarte »Nova et aucta orbis terrae descriptio ad usum navigantium emendate accommodata« [1569]: *Gerard Mercator's Map of the World* (Rotterdam: Maritiem Museum, 1961), S. 17. Im frühen 18. Jahrhundert wurden auch astronomische Karten Atlanten genannt. Siehe die Titel in Deborah J. Warner, *The Sky Explored: Celestial Cartography, 1500-1800* (New York: Liss, 1979). Wegen des überdimensionalen Formats dieser Werke wurde das Wort »Atlas« im 18. Jahrhundert zum Namen für ein besonders großes Format (34×26,5 Zoll) von Zeichenpapier. Siehe Emile Joseph Labarre, *Dictionary and Encyclopaedia of Paper and Paper-Making* (2. Aufl., London: Oxford University Press, 1952), S. 10-11. Als Mitte des 19. Jahrhunderts die Abbildungen getrennt vom Text gedruckt wurden – der Textband konnte zum Beispiel Oktavformat haben, während der Bildband im Atlasformat erschien –, wurde der Name »Atlas« auf alle illustrierten wissenschaftlichen Werke übertragen. Besonders bei Kupferstich-Illustrationen, die auf höherwertigem Papier gedruckt werden mußten und in der Regel als Extra-Band beigefügt waren, hatte dieses zweibändige Format den Vorteil, daß Text und Illustration nebeneinander gelegt werden konnten. Als Text und Illustration in einem, häufig überdimensionalen Band zusammengebunden wurden, war »Atlas« die Bezeichnung für das ganze Werk, während »Atlanten« die Gesamtheit solcher illustrierten wissenschaftlichen Bücher bezeichnete. Wir werden den Begriff retrospektiv auf alle Werke dieser Art anwenden, auch auf die älteren, die das Wort »Atlas« noch nicht im Titel führen.
- 6 So wendet sich beispielsweise Ockham gegen die Existenz von Universalien: »Universale non est aliquid reale habens esse subjectivum nec in anima nec extra animam, sed tantum habet esse obiectivum in anima et est quoddam fictum habens tale in esse obiectivo, quale habet res extra in esse subjectivo« (*Commentary on the Sentences*, zit. nach *Oxford English Dictionary*, Kompaktausgabe, Eintrag »Objective«).
- 7 René Descartes, *Meditationes* [1641], Dreisprachige Parallelausgabe Latein – Französisch – Deutsch. Übers. Andreas Schmidt, Hg. Jens Timmermann (Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 2004), S. 115 ff. (urspr. *Meditationes de prima philosophia*). Zu Descartes' Quellen über die Philosophie des Mittelalters siehe Calvin Normore, »Meaning and Objective Being: Descartes and His Sources«, in: Amélie Oksenberg Rorty (Hg.), *Essay on Descartes' Meditations* (Berkeley: University of California Press, 1986), S. 223-241.

ebenfalls ein Produkt der Geschichte ist. Daß ein Verstoß gegen die Werte der Objektivität den Zorn derer hervorruft, die sich zu ihnen bekennen, ist das sicherste Zeichen dafür, daß diese Werte ihren Namen verdienen. So gesehen, geht es in der Frage, ob Objektivität vom moralischen Standpunkt betrachtet, gut oder schlecht sei, nicht mehr um die angebliche Neutralität gegenüber allen Werten, sondern um die Treue zu einer mühsam erworbenen Gruppe von gekoppelten Werten und Praktiken, die eine wissenschaftliche Lebensweise konstruieren.

Werfen wir noch einmal einen Blick auf die drei Bilder, mit denen wir begonnen haben. Jedes ist auf seine Art eine getreuliche Darstellung der Natur. Aber Faksimiles der Natur sind sie nicht, nicht einmal die Photographie; sie sind perfektionierte, exzerpierte, geglättete Natur – erkannte Natur, kurz gesagt. Diese Bilder stehen anstelle von Dingen, aber sie sind schon durchmischt mit Wissen über diese Dinge. Damit Natur erkennbar wird, muß sie erst einmal gereinigt, teilweise in Wissen umgewandelt (aber nicht durch Wissen kontaminiert) werden. Die Bilder stellen nicht nur Natur dar, sondern auch Wissen über die Natur – sie geben sogar klar voneinander verschiedene Visionen dessen wieder, was Wissen ist und wie es erworben wird: Naturwahrheit, Objektivität, geschultes Urteil. Und schließlich repräsentieren sie den, der Wissen besitzt. Hinter der Blume, der Schneeflocke, dem Magnetogramm der Sonne stehen nicht nur der Wissenschaftler, der sieht, und der Künstler, der abbildet, sondern auch eine bestimmte kollektive Weise des Erkennens. Dieses erkennende Selbst ist die Vorbedingung, aber kein Hindernis für Wissen. Natur, Wissen und Erkennender überschneiden einander in diesen Bildern, den sichtbaren Spuren der Arbeit am Verstehen der Welt.

## ZWEITES KAPITEL Naturwahrheit

### Vor der Objektivität

1737 veröffentlichte der junge schwedische Naturforscher Carolus Linnæus (Carl von Linné) seinen *Hortus Cliffortianus*,<sup>1</sup> eine ver-schwenderisch ausgestattete Flora der Gewächse im üppigen Garten des Amsterdamer Bankiers und Direktors der Dutch East India Company George Clifford. Man hatte weder Kosten noch Mühe gescheut, ein Buch zu machen, daß so nützlich wie schön war; Linnés reicher Mäzen hatte den deutschen Illustrator Georg Dionysius Ehret beauftragt, Zeichnungen frischer und getrockneter Exemplare anzufertigen, und ließ sie von dem angesehenen niederländischen Künstler Jan Wandelaar in Kupfer stechen. (Siehe Abb. 2.1) Alle an dem Unternehmen Beteiligten – Mäzen, Naturforscher und Künstler – wollten mit diesem Werk einen Markstein in der Geschichte der Botanik setzen. Das Titelblatt des Buches zeigte allegorische Darstellungen der Kontinente, die einem Apollo mit den Zügen Linnés Pflanzen darbrachten. (Siehe Abb. 2.2) Weniger pompös, aber prägender war etwas anderes: Daß Linné bei der Arbeit am *Hortus Cliffortianus* nicht nur zum Garten und Gewächshaus, sondern auch zu Cliffords großer botanischer Bibliothek Zugang hatte, verschaffte ihm die praktische Basis für seine späteren Veröffentlichungen zur botanischen Nomenklatur, Klassifizierung und Illustration, die sich seither grundlegend auf die Botanikwissenschaft ausgewirkt haben.<sup>2</sup>

Aber Linnés Beschreibungen und die Illustrationen, die er für den *Hortus Cliffortianus* in Auftrag gab und genau überwachte, können nicht als objektiv bezeichnet werden. Das verhindern nicht etwa kleine geschichtswissenschaftliche Bedenken gegen Anachronismen – Linné und seine Zeitgenossen hätten das Wort »objektiv«, wenn es ihnen überhaupt geläufig war, skurril scholastisch gefunden.<sup>3</sup> Auch soll damit nicht behauptet werden, Linnés Werk sei »unwissenschaftlich« gewesen, getrieben von Vorurteil, Unkenntnis oder Inkompetenz. Linné und andere Gelehrte der Aufklärung hielten sich an das Prinzip der *Naturwahrheit*, nicht an das der *Objektivität*. Die Folgen dieser Unterscheidung reichen weit über das Verbale hinaus: Sie betreffen auch

Objektivität und geschultes Urteil haben eine wie die andere ein Geburtsdatum und eine Biographie; jede von ihnen modelte Wissenschaft und Selbst – und wissenschaftliche Bilder – nach ihrem eigenen Bild um. Und doch dienten alle drei Tugenden, jede auf ihre Weise, einem gemeinsamen Ziel: einer getreuen Wiedergabe der Natur, wie wir es genannt haben. Dies Buch hat dokumentiert, wie unterschiedlich das Verständnis und vor allem die Praktiken der Getreulichkeit sein konnten: Sie konnten bedeuten, daß man die Typen der Natur auslotete, die Erscheinungen der Natur registrierte, das Muster der Natur intuitiv erfaßte. Aber immer war die Natur im Bild – buchstäblich. Die Abbildungen am Anfang dieses Kapitels sind bei aller Verschiedenheit doch allesamt Versuche zur *Wiedergabe*, zur Repräsentation. Ob Zeichnung, Photographie oder digitales Bild, Typus, individuelles Exemplar oder Muster, immer gehen sie aus von einem Unterschied zwischen der Natur und der Abbildung dieser Spezies einer dänischen Pflanze; dieses Zirrostratus am Himmel über Dillon, Colorado, am Nachmittag des 5. Januar 1978; dieser fernen Galaxie, die durch die Umsetzung schwacher elektromagnetischer Strahlung in Formen und Farben sichtbar gemacht wurde. Jede Abbildung war auf ihre Weise ein Versuch zur Naturtreue, aber keine spiegelte vor, Natur zu sein oder gar Natur zu transformieren. Repräsentation ist immer eine Übung im Porträtieren, allerdings sind diese Porträts nicht zwangsläufig mimetisch. Die Vorsilbe *re* ist entscheidend: Bilder, deren Ziel Repräsentation ist, geben *wieder*, was schon da ist. Repräsentative Bilder können Unklarheiten beseitigen, können perfektionieren und glätten, um an das heranzukommen, »was ist«. Aber sie dürfen nichts ganz neu schaffen, nicht von der Natur zur Kunst überwechseln.

Die Konzentration auf die eine oder andere Form wissenschaftlichen Sehens stellt zwei Fragen in den Vordergrund und ins Zentrum: Praktiken welcher Art sind nötig, um ein Bild dieser Art herzustellen? Und Praktiken welcher Art braucht man, um das wissenschaftliche Selbst so auszubilden, daß diese Sehweise möglich ist? Die Geschichte des wissenschaftlichen Sehens verlangt immer diese doppelte Wendung, einmal den Blick auf die Entwicklung einer Epistemologie der Bilder und zum anderen auf die ausgebildeten Ethiken des wissenschaftlichen Selbst. Die Verpflichtung zur Naturtreue war immer dreifach: visuell, epistemologisch und ethisch.

Was geschieht, wenn diese Treue aufgegeben wird, wenn Natur und Artefakt verschmelzen? Wir schließen mit einem Blick auf wis-

wissenschaftliche Atlanten von heute: mit Bildern, in denen Machen gleich Sehen ist.

#### Sehen ist Machen: Nanofaktur

Die Form der Atlasbilder hat sich in den letzten dreihundert Jahren stark verändert, die Idealperson des Atlasmachers hat sich dramatisch gewandelt, aber ein Merkmal der Bildgebung ist konstant geblieben. Atlasmacher bemühten sich, die Natur auf Buchseiten festzuhalten, Steine, Schädels und Schneeflocken so naturgetreu wie möglich darzustellen. Gegen Ende des zwanzigsten Jahrhunderts aber verlor sich dieses dem Anschein nach selbstverständliche Ziel allmählich. Viele Wissenschaftler, die sich mit Nanotechnologie befaßten, hatten nicht einfach das Ziel, die Bilder richtig zu treffen, sondern sie zu bearbeiten, da diese Manipulation ein Aspekt der Herstellung neuer Arten von Geräten in Atomgröße war. Diese Wendung vom Bild als Wiedergabe zum Bild als Prozeß warf das Bild aus einem lange befahrenen historischen Gleis. Bilder wurden nun weder vom Auge des Geistes noch vom »Stift der Natur« nachgezeichnet. Sie funktionierten jetzt eher so wie eine Pinzette, ein Hammer oder ein Amboß der Natur: Sie wurden ein Werkzeug zur Herstellung und Veränderung von Dingen.<sup>18</sup>

In diesem notgedrungen vorläufigen Abschnitt über das, was jetzt, während wir schreiben, vor sich geht, möchten wir einen Atlastypp – oder Nachfolger der Atlanten – betrachten, der zwar immer noch das Ziel hat, wissenschaftliche Bilder systematisch für viele Arten der Benutzung einzurichten, der aber Gebilde zeigt, die bis zu einem gewissen Grad interaktiv, nicht fixiert sind. Diese Bilder sollen durch Klicken und Tastendruck *benutzt*, das heißt: zugeschnitten, korreliert, gedreht, koloriert werden. Ihre Gegenstände sind so verschieden wie eh und je: Es gibt E(lektronische)-Atlanten zu Flora, Fauna und Strömung, aber auch zu mikrobiologischen, chemischen, physikalischen und astrophysikalischen Strukturen. Um die neuartigen Nutzungen dieser interaktiven Atlanten-in-Arbeit zu untersuchen, werden wir zwei Arten von Beispielen vorführen. Einerseits gibt es Atlanten, die auf digitalen Archiven basieren – ihre Bandbreite reicht von Studien zu simulierten Strömungen bis zum *Visible Human Project*. Eine wachsende Zahl dieser Archive erlaubt dem Benutzer, Bilder mit einem Zoom nah heranzuholen, zu drehen, Ausschnitte zu machen oder

sie durchzublätern. Andererseits gibt es Bilder, die sich noch weiter vom traditionellen gebundenen Buch entfernen: Bilder, die zur Veränderung der physischen Welt benutzt werden. Diese neue Rolle der Bilder als Werkzeuge im sich ausbreitenden Gebiet der Nanotechnologie ist als *Nanomanipulation* bekanntgeworden. Für unsere Zwecke lohnt es, diese beiden Arten manipulierbarer interaktiver Bilder zu unterscheiden. Wir werden die Navigation durch gegebene Datenmenüen *virtuelle Bilder* nennen und die Navigation durch das Bild zum Zweck der Modifizierung physischer Objekte in Echtzeit *haptische Bilder*.

Im Kontext der stärker technikinspirierten, an Geräten orientierten Arbeit, die einen guten Teil der Nanotechnologie ausmacht, fungieren Bilder weniger als Repräsentation (Wiedergabe, Darstellung) denn als *Präsentation*. Das Wort Präsentation benutzen wir in einer dreifachen Bedeutung. Erstens finden wir es sinnvoll, die Vorsilbe Re-, die »wieder« bedeutet, wegzulassen, da die Nanomanipulation nicht mehr notwendig darauf festgelegt ist, etwas zu kopieren oder wiederzugeben, was schon da ist, sondern statt dessen Teil eines Gegenstands im-Entstehen wird. Zweitens werden die Objekte wirklich präsentiert, ausgestellt, wie Waren im Schaufenster. Seit den ersten Jahren des einundzwanzigsten Jahrhunderts waren Bilder aus der Nanotechnologie und verwandten Gebieten als – wissenschaftlicher und geschäftlicher – Anreiz gedacht. Die Bildermacher betonten häufig, daß sie *kein* Interesse an getreuer Kolorierung oder Beachtung der Größenverhältnisse hatten. Vielmehr zielten atlas-ähnliche Bildersammlungen darauf, ausgewählte Merkmale hervorzuheben, kommende Dinge anzukündigen, indem sie Geräte zeigten, die zum Zeitpunkt ihrer Vorführung lediglich fragmentarisch, als Prototypen oder Imaginationen existierten. Drittens konnten Nano- und andere interaktive Bilder, nachdem sie von der Askese der mechanischen Objektivität und auch der Interpretation des geschulten Urteils befreit waren, leichter die Grenze zur künstlerischen Präsentation überschreiten. Nicht nur in der Nanotechnologie, sondern in vielen wissenschaftlichen Fachgebieten (von der Strömungslehre bis zur Teilchenphysik und der Astronomie) wurde es üblich, virtuelle wissenschaftliche Bilder nicht als ein Konkurrenzunternehmen zur Kunst zu sehen oder als eines, das sich der Kunst bediente, sondern als eine eigene Kunst.

Den Abschnitt über Bilder, die Präsentations-Charakter haben, möchten wir mit einer Sequenz nanomanipulierter Bilder eröffnen

(siehe Abb. 7.8 und Farbtteil). Daß die Wissenschaftler Polymerkugeln mit einem Durchmesser von 120 Milliardstel Meter überhaupt bearbeiten konnten, ist für sich schon bemerkenswert. Aber mehr noch interessiert uns die Bildfolge selbst. Abb. 7.8 wurde von einem Rasterkraftmikroskop aufgenommen, einem optischen Gerät zur Messung der atomaren Kräfte, die zwischen einer winzigen SONDENSPIZIE und einer Oberfläche, die von dieser Sonde abgetastet wird, wirken. Diese Aufnahme soll kein »natürliches« Phänomen abbilden. Vielmehr ist sie, wie andere haptische Bilder, Teil des Herstellungsprozesses selbst. Ein zweites Beispiel wird die Technik dieses Prozesses erläutern.

Im Normalfall besteht ein Rasterkraftmikroskop, schematisch gesehen, aus einer Blattfeder, dem Cantilever, zur Messung der Kraft zwischen ihrer Spitze und der Oberfläche, über die sie gleitet. Im von Abb. 7.9 und 7.10 illustrierten Beispiel schwebt die negativ geladene Spitze über einer Oberfläche, die ein zweidimensionales (flaches) Elektronengas enthält, und die Ladung der Blattfederspitze »schiebt« die Elektronen an, so daß sie über die Oberfläche fließen. Aber die Spitze stört dieses Elektronengas nicht nur, sondern sie rasterst es auch ab und stellt ein Bild her (Abb. 7.10), indem sie den veränderlichen Strom mißt, der in der Spitze produziert wird (nicht die zwischen Spitze und Oberfläche wirkende Kraft) – eine besondere Adaptation des Rasterkraftmikroskops. Die Blattfederspitze manipuliert das Elektronengas und macht zugleich ein Bild davon.

In solchen haptischen Bildern traten Sehen und Machen zugleich ein – anders als im Fall der üblicheren Bildgebung, die in der Wissenschaft so viele Generationen lang prägend war und immer an einer Abfolge von zwei Schritten festhielt. Diese ältere Methode bestand darin, daß *zuerst* ein Proton in einem Beschleuniger gegen ein Antiproton geschossen und *dann* die Reaktionsprodukte mit einem Blasenkammerbild oder einer digitalen Aufnahme – zur späteren Analyse – abgebildet wurden. Oder, ein Beispiel aus einem ganz anderen Wissenschaftsgebiet: Man präparierte *zuerst* einen Gewebeschnitt und bildete ihn *dann* im Elektronenmikroskop ab. Solche Darstellungen *post factum* waren für die Nanowissenschaftler am Beginn des einundzwanzigsten Jahrhunderts überholt.

Häufig wollten die Nanographen, daß Bilder Dinge konstruieren. Im ersten Fall handelte es sich dabei um *Bilder-als-Werkzeuge*, die ganz in der Herstellung aufgingen, im Unterschied zu *Bildern-als-Evidenz* zwecks späterer Demonstration. Im dritten Kapitel haben wir

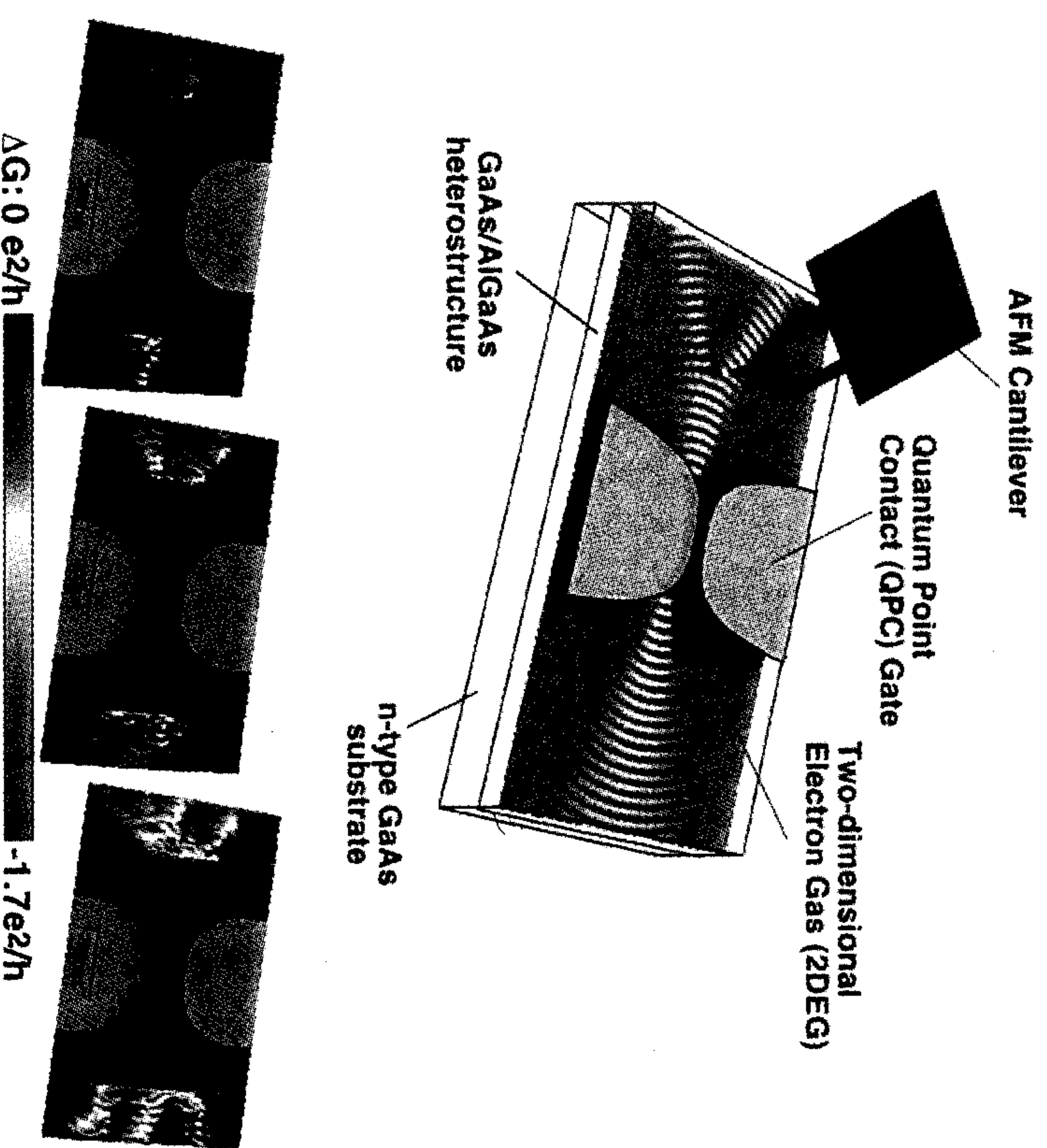


Abb. 7-9, 7.10 Mit dem Pinsel bauen. Robert Westervelt, Geräteschema (7-9); Karte der Ladungsdichte, die von der Sonde erzeugt und zugleich gemessen wird (7.10). (<http://me.so.deas.harvard.edu/spm.html>), Seite besucht am 12. Juli 2007. Die negativ geladene Blattfederspitze schiebt Elektronen aus dem direkt unter ihr liegenden Gebiet weg; weil sich in dieser »Verarmungszone« (depletion zone) weniger Elektronen aufhalten, ist sie stärker positiv geladen als ihre Umgebung. Das veranlaßt das Elektromagnetfeld, aus dieser Zone herauszuquellen. Die Quantenmechanik sagt voraus, daß Elektronen, die durch eine sehr enge Passage fließen, dies nur mit einem quantisierten Strom tun können – daß nur bestimmte Wellenlängen leicht durch den Engpaß gehen können, weil alle anderen Wellenlängen destruktive Interferenzen verursachen. Die drei Bilder (7.10) zeigen die ersten drei Modi, das heißt drei Wellenlängen, denen konstruktive Interferenz den Durchgang erleichterte. Aber die Sondenspitze ändert den Elektronenfluß nicht nur, sondern sie tastet ihn auch ab: sie ist Werkzeug und Pinsel zugleich.

uns mit Bildern beschäftigt, deren Ziel es war, die wirklichen (nicht die idealen) Strukturen von Schneeflocken, zerspringenden Tropfen oder Blutkristallen zu zeigen. Im sechsten Kapitel haben wir interpretierte Bilder untersucht, die wichtige Merkmale einer Läsion hervorheben oder die Artefakte in einem Sonnenmagnetogramm löschen sollten. Hier, im abschließenden Blick auf Sammlungen von Arbeitsobjekten der Wissenschaft, möchten wir Bilder-als-Werkzeuge hervorheben, Bilder, die selbst Manipulationen sind.

Einige – virtuelle – interaktive Bilder können so manipuliert werden, daß man etwas über eine Molekülstruktur, ein anatomisches Detail oder die Struktur einer Galaxie erfährt. Die Manipulation anderer – haptischer – interaktiver Bilder sollte der Modifizierung oder Konstruktion eines physikalischen Objekts dienen – so in der Nanomanipulation. Unser erstes Ziel ist es, zu untersuchen, wie diese virtuellen und haptischen Bilder den Status von Bildkompendien verändert haben; und gleichzeitig beschäftigt uns die Frage nach dem Zusammenhang zwischen haptischen Bildern und einem konstruierenden Selbst neuer Art. Zweitens wollen wir – wenigstens kurz – aufzeigen, wie neue, eher der Präsentation dienende Bilder mehr und mehr an den verschwimmenden Grenzen zwischen Wissenschaft und Kunst zirkulieren.

Interaktive virtuelle und auch haptische (nanomanipulierte) Bilder finden oft unter der ständig sich erweiternden Rubrik »Bildergalerie« ein atlasähnliches Zuhause; diese Galerien übernehmen häufig die alten Aufgaben der klassischen Atlanten; dazu gleich mehr. Obwohl Bildergalerien Funktionen erfüllen können – und oft erfüllen –, die weit über die Möglichkeiten von Atlanten hinausreichen, ist diese übergeordnete Kategorie doch zweifellos ein Hauptfundort für maßgebliche Bilder im frühen einundzwanzigsten Jahrhundert.

Einen Eindruck von den aufkommenden Atlanten (oder Atlasnachfolgern) der virtuellen Sorte vermittelt das *Visible Human Project*, das 1989 begonnen und von der National Library of Medicine mitfinanziert wurde. Als vollständige dreidimensionale Anatomie des männlichen und weiblichen Körpers geplant, sollte es eine allgemein zugängliche digitale Informationsquelle mit Millimetergenauigkeit sein. Das Projekt hatte das ehrgeizige Ziel, Fragen nach physiologischen Funktionen mit einer umfangreichen Online-Bilder-Bibliothek zu verknüpfen – einer Bibliothek, die man zur Entwicklung von Bildgebungstechniken, diagnostischen und prognostischen Verfahren,

mathematischen Methoden und künstlerischen Anwendungen benutzen konnte. Die Programmierer stellten Datenbanken im Umfang von vielen Gigabyte zusammen, die zu unzähligen verschiedenen Zwecken zu nutzen waren – sie boten alles, angefangen mit einem flüchtigen visuellen Durchstöbern von Querschnitten des Körper bis zu statischen, präzisen Bildern einzelner Gewebeproben. (Siehe Abb. 7.11)

Aus diesem umfangreichen kollektiven Projekt, an dem Hunderte von Mitarbeitern in vielen Ländern beteiligt waren, konnten Atlanten gemacht werden. Zum Beispiel verwendete eine Gruppe die Daten und fertigte unter Mithilfe mehrerer Radiologen einen zu Recht so genannten »interaktiven anatomischen Skelett-Muskel-Atlas« an, den jeder Besitzer eines PC benutzen konnte. Der Benutzer hatte nicht nur die Möglichkeit, Querschnitte des Körpers anzusehen, sondern er konnte sie auch verändern, farblich hervorheben, Elemente ausschneiden oder transparent machen, Bilder drehen oder zweidimensionale Ansichten aus verschiedenen Blickwinkeln herstellen. Die Beschreibungen waren mittels differenzierter Software so programmiert, daß sie bei der Navigation durch das gesamte Konvolut jederzeit für jeden Bildausschnitt per Mausklick auf die betreffende Stelle abgerufen werden konnten.<sup>19</sup> Mit anderen Worten: Das *Visible Human Project* ist eine Form der Bildgebung, die im Verständnis des beginnenden einundzwanzigsten Jahrhunderts interaktive *Atlanten* als Untergruppe einschloß und zur Herstellung solcher Atlanten verwendbar war.

In epistemischer Sicht unterschieden sich diese virtuellen Atlanten von den älteren medizinischen Bildwerken etwa Jean Cruveilhiers, Albinus' oder William Hunters: Wenn man die Navigations- und bildmodifizierenden Funktionen des Programms nutzte, konnten virtuelle Atlanten innerhalb von Sekunden ein Bild produzieren, das zuvor noch nie jemand gesehen hatte – also ein Bild, das im strengen Sinn des Wortes keine Wiedergabe, keine Repräsentation war.

Aber Anatomie ist nur ein Beispiel für die Flut von atlasähnlichen Bildgruppen im Internet. Man kann in der digitalen Welt fast nach jeder beliebigen klassischen Atlasform suchen (zum Beispiel nach Atlanten mit Elektronenmikroskop-Bildern oder botanischen oder Mineral-Atlanten) und wird immer reich belohnt. Aus dem umfangreichen Sloan Digital Sky Survey, einem anderen Meta-Atlas, stellte eine Gruppe von Astronomen 2005 einen neuen Galaxie-Atlas zusammen.<sup>20</sup> Viele dieser Sites waren mühelos als digitalisierte und weiter

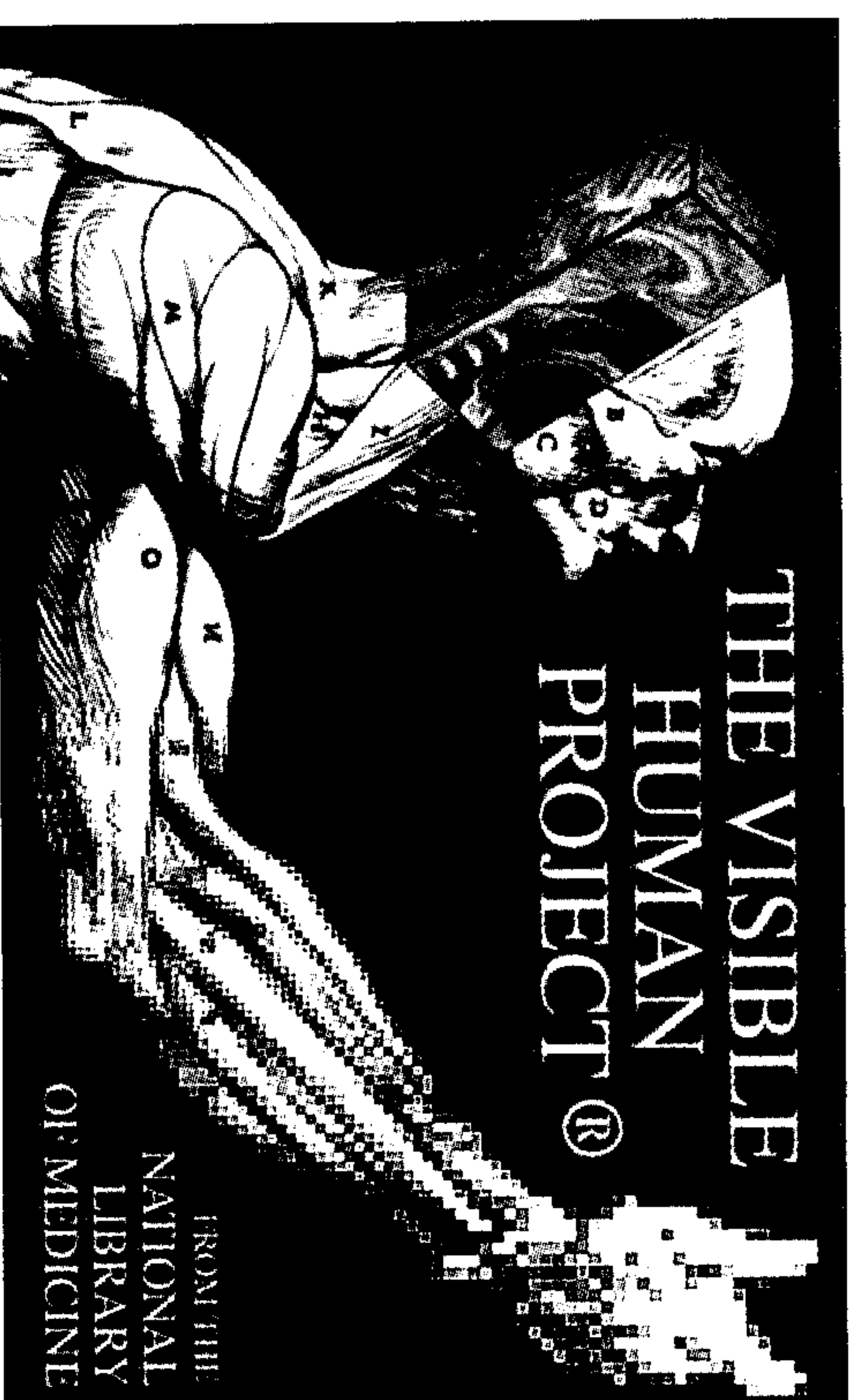


Abb. 7.11 Sichtbarer Mensch. (<http://www.nlm.nih.gov/research/visible/vhpconf98/MAIN.HTM>). Zitiert aus dem Online-Informationsblatt ([http://www.nlm.nih.gov/pubs/factsheets/visible\\_human.html](http://www.nlm.nih.gov/pubs/factsheets/visible_human.html)), beide Seiten am 9. September 2006 besucht. Das Visible Human Project besteht aus zwei Datensätzen, der eine basiert auf einer männlichen Leiche, der Gewebeschnitte in 1-Millimeter-Abständen (15 Gigabyte) entnommen wurden, die Präparate des anderen sind einer weiblichen Leiche in Abständen von 0,33 Millimeter entnommen (40 Gigabyte). Diese Datensätze sollen »allgemein zugängliches Datenmaterial zum Testen medizinischer Bilder-Algorithmen bieten und als Testgrundlage und Modell für die Konstruktion von Bilderbibliotheken dienen, die über das Internet nutzbar sind«. 2006 waren diese Datensätze schon von fast 2000 Lizenznehmern in 48 Ländern zu »Ausbildung, Diagnose, Behandlungsplanung, zum Zweck virtueller Realität, zu künstlerischen, mathematischen und industriellen Zwecken genutzt worden«. Als interaktive, allgemein zugängliche Quelle signalisierte das Visible Human Project eine neue Atlasform, die aber, wie schon aus dem Markenzeichen (Vesalius, halb digitalisiert) deutlich hervorgeht, an die älteren auf Papier gedruckten Atlanten anknüpft.

verbreitete Nachfolger der Atlanten des neunzehnten Jahrhunderts erkennbar. Manche davon benutzen Animation, Simulation und andere Formen interaktiver Darstellung – nach dem Muster des *Visible Human Project*, wenn auch nicht mit dessen Perfektion. Gewisse Beispiele sind eindeutige, allerdings inzwischen farbige Varianten der mechanischen Objektivität, die für das neunzehnte Jahrhundert so charakteristisch war. Es gibt eine atlasähnliche Sammlung von Me teoriten-PhOTOS, jedes mit Datum und Zeitpunkt der Aufnahme.<sup>21</sup> Andere, wie das Sloan Digital Sky Survey, hielten sich ausdrücklich an eine Mischung aus interpretierenden und algorithmischen Ver-

- 3 Kunsthistoriker haben dieses Verfahren als erste praktiziert; siehe besonders Michael Baxandall, *Painting and Experience in Fifteenth-Century Italy: A Primer in the Social History of Pictorial Style* (2. Aufl., Oxford: Oxford University Press, 1988), und Jonathan Crary, *Techniques of the Observer: On Vision and Modernity in the Nineteenth Century* (Cambridge, MA: MIT Press, 1990), dt. *Techniken des Betrachters* (Dresden: Verlag der Kunst, 1996); ders.: *Suspensions of Perceptions: Attention, Spectacle and Modern Culture* (Cambridge, MA: MIT Press, 1990); dt. *Aufmerksamkeitsamkeit* (Frankfurt am Main: Suhrkamp 2002).
- 4 Isaiah Berlin, *Das krumme Holz der Humanität: Kapitel der Ideengeschichte*, Übers. Reinhard Kaiser (Frankfurt am Main: Fischer, 1995) und Stuart Hampshire, *Justice is Conflict* (London: Duckworth, 1999).
- 5 Siehe zum Beispiel Bernard Williams, *Descartes: The Project of Pure Enquiry* (Hassocks, England: Harvester Press, 1978), S. 69-70, dt. *Descartes: das Vorhaben der reinen philosophischen Untersuchung* (Königstein: Athenäum 1981); Thomas Nagel, *The View from Nowhere*, S. 15; Karsten Harries, »Descartes, Perspective, and the Angelic Eye«, in: *Yale French Studies* 49 (1973), S. 28-42 und Susan R. Bordo, *The Flight to Objectivity: Essays on Cartesianism and Culture* (Albany: State University of New York Press, 1987).
- 6 Plato, *Symposium*, 217a, Übers. Friedrich Schleiermacher: Die Literatur zum Thema ist umfangreich, aber siehe den bemerkenswerten Essay von Pierre Hadot, »The Figure of Socrates«, in: ders., *Philosophy as a Way of Life*, Hg. Arnold I. Davidson, Übers. Michael Chase (Malden, MA: Blackwell, 1995), S. 147-78.
- 7 Albert Einstein, »Autobiographical Notes«, in: Paul Arthur Schilpp (Hg.), *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* (La Salle, Ill.: Open Court, 1970), Bd. 1, S. 4-7.
- 8 Michael Polanyi, *Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy* (Chicago: University of Chicago Press, 1958); David Bloor, *Wittgenstein: A Social Theory of Knowledge* (London: Macmillan, 1983); H. M. Collins, *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice* (London: Sage Publications, 1985). Stärker auf den wissenschaftshistorischen Aspekt konzentriert ist Otto Sibum, »Wissen aus erster Hand: Mikro-Dynamik wissenschaftlichen Wandels im frühviktorianischen England«, in: *Historische Anthropologie* 13 (2005) S. 301-324.
- 9 Vergleiche Thomas Kuhns Unterscheidung zwischen »Werten« und »Regeln« in seinem Aufsatz »Objektivität, Werturteil und Theorienwahl«, in: ders., *Die Entstehung des Neuen*, Hg. Lorenz Krüger, Übers. Hermann Vetter (Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1977), S. 421-445; bes. S. 434-437.
- 10 Raymond Williams, »Culture«, in: ders., *Keywords: A Vocabulary of Culture and Society* (überarb. Ausgabe, New York: Oxford University Press, 1985), S. 87-93. Über die verschiedenen Bedeutungen des Begriffs: Objektivität

- »Objektivität and the Double Standard for Feminist Epistemologies«, in: *Synthese* 104 (1995), S. 351-381; Heather Douglas, »The Irreducible Complexity of Objectivity«, in: *Synthese* 138 (2004), S. 453-473; Joseph F. Hanna, »The Scope and Limits of Scientific Objectivity«, in: *Philosophy of Science* 71 (2004), S. 339-361; Bruno Latour untersucht, wie Graphiken und Abbildungen Beziehungen zwischen lebendigen und abstrakten Akteuren herstellen und festigen können; er analysiert wissenschaftliche Bilder in ihrer Funktion als Gruppe treuer Verbündeter, die eine entscheidende Rolle für die allmähliche Konstituierung der Objektivität spielen. Siehe Bruno Latour, »Visualisation and Cognition: Thinking with Eyes and Hands«, in: *Knowledge and Society* 6 (1986), S. 1-40.
- 11 Peter Novick, *That Noble Dream: The »Objectivity Question« and the American Historical Profession* (Cambridge: Cambridge University Press, 1988); Julie Robin Solomon, *Objectivity in the Making: Francis Bacon and the Politics of Inquiry* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1998).
- 12 Richard Rorty, »Solidarity or Objectivity?«, in: ders., *Objectivity, Relativism and Truth* (Cambridge: Cambridge University Press, 1991), S. 21.
- 13 Nicholas Rescher, *Objectivity: The Obligations of Impersonal Reason* (Notre Dame, IN: University of Notre Dame Press, 1997), S. 6.
- 14 Helen E. Longino, *Science as Social Knowledge: Values and Objectivity in Scientific Inquiry* (Princeton: Princeton University Press, 1990), S. 74.
- 15 Robert Nozick, *Invariances: The Structure of the Objective World* (Cambridge, MA: Belknap Press University Press, 2001), S. 96.
- 16 Crispin Wright, *Saving the Differences: Essay on Themes from Truth and Objectivity* (Cambridge, MA: Harvard University Press 2003), S. 16. »Mechanisch gesehen«, funktioniert Semantik in einem gegebenen Kontext – laut Wright – wie folgt: »Zweifellos hängt die Semantik der Sprache von ihrer Einrichtung ab: Wir konstruieren die Maschine. Aber ist die Konstruktion abgeschlossen, läuft die Maschine von allein.«
- 17 R.W. Newell, *Objectivity, Empiricism, and Truth* (London, Routledge and Kegan Paul, 1986), S. 16-17.
- 18 Über Nanotechnologie aus kultureller Sicht (das heißt über die Beziehung zwischen Nanowissenschaft und Kunst, Literatur und Science-fiction) siehe Katherine Hayles (Hg.), *Nanoculture: Implications of the New Technologies* (Portland, OR: Intellect Books, 2004); die Arbeitspapiere der Darmstädter Konferenz verfolgen die historische Entwicklung: Davis Baird, Alfred Nordmann und Joachim Schummer (Hg.), *Discovering the Nanoscale* (Amsterdam: IOS Press, 2004).
- 19 Heung Sik Kang et al., »The Visible Man: Three-Dimensional Interactive Musculo-skeletal Anatomical Atlas of the Lower Extremity«, in: *Radiographics* 20 (2000), S. 279-286; online: (<http://radiographics.rsna.org/cgi/reprint/20/1/279>).
- 20 »A New Galaxy Atlas – Sloan Digital Sky Survey Findings Comprise New