

Villa Paragone
Thesen zum Ausstellen

Matthias Götz (Hg.)



Nr. 19 der Schriftenreihe Burg Giebichenstein
Hochschule für Kunst und Design Halle

Schwabe Verlag Basel

Villa Paragone
Thesen zum Ausstellen

Inhalt

9 Vorwort, Dank

17 Karin Rebbert
Genius Loci? Der Volkspark Halle als Produktions- und
Aufführungsort spezifischer Formen von Wissen

37 Hans-Dieter Bahr
Exponiert – Gedanken über Vergleiche

57 Hermann Sturm
Hinkende und andere Vergleiche – ein Kaleidoskop

83 Joachim Penzel
Sehen – Sprechen – Lesen. Gemäldegalerien als diskursiver
Kontext. Ein historischer Exkurs

95 Alexander Klein
Inszenierung versus Information? Anmerkungen zu einem
Grundkonflikt modernen Ausstellens

121 Gottfried Korff
Deponieren, Exponieren – am Beispiel kulturhistorischer
Ausstellungen

137 Matthias Buschle
Zum Ausstellungsvokabular: Rahmen, Sockel und Legende

149 Claus Veltmann
Vom Ordnen der Dinge. Zur Geschichte der Kunst- und
Naturalienkammer der Franckeschen Stiftungen im 18. Jahr-
hundert

167 Philipp Blom
Napoleons Gardinen und der Mut zur Vergänglichkeit

© 2008 by Burg Giebichenstein Hochschule für Kunst und Design Halle
und Schwabe AG, Verlag, Basel
Alle Rechte vorbehalten
Das Copyright für die einzelnen Beiträge verbleibt bei den Autoren.

Gesamtherstellung
Schwabe AG, Druckerei, MuttENZ/Basel
Printed in Switzerland
ISBN 978-3-7965-2421-9

Die Publikation basiert auf den Beiträgen der Teilnehmer am
gleichnamigen 20. Designtheoretischen Symposium der Burg
Giebichenstein, 9.-11. November 2006.

Buch
Konzeption und Redaktion Matthias Götz, Maike Fraas
Gestaltung Maike Fraas

Verwendete Schrift
Adobe Garamond Pro

Symposium
Konzeption und Organisation Matthias Götz, Maike Fraas
mit
Sandra Anspach
Carola Fricke
Sascha Hubert
Torsten Klocke
Christoph Knoth
Bastian Müller
Jánosch Muschick
Ruth Maria Sahrer
Anne Theiß
Maren Witopil

- 193 Franco Clivio
Sammeln fürs Design
- 209 Roland Albrecht
Vom Sortieren der Dinge oder: Wenn Dinge sprechen
- 221 Ann Rose
Rhetorik der Dinge (Seminararbeit)
- 227 Jens Soentgen
Unausstellbar? Atome ausstellen
- 253 Elke Krasny
Unsere Welt in den Augen der Welt. Identität und Authentizität als Frage der Gestaltung im Medium Weltausstellung
- 273 Beat Gugger
Heimatmuseum: Die Konstruktion einer Welt – mit Zukunftsperspektiven
- 287 Karl Stocker
Der Berg der Erinnerungen. Bemerkungen zur Konstruktion von Geschichte in Ausstellungen
- 303 Thomas Bullinger
Se, for fanden, se! Die Deutsch-Dänische Galerie Berlin
- 323 Andrea Zaumseil
Zu Fragen der Ausstellungspraxis: Vom Privaten und Öffentlichen
- 335 Annette Tietenberg
Lassen sich Prozesse ausstellen? Die Ausstellung *Anti-Illusion: Procedures / Materials* als Fallbeispiel
- 355 Renate Luckner-Bien
Diskurs – Selbstbild – Leitbild – Profil. Thesen zum Auf- und Ausstellen einer Kunsthochschule
- 365 Thomas Hamann
Ausstellung versus Bühne. Ein Medienvergleich
- 375 Alfred Hückler
Design-Ausstellungen
- 385 Rainer Groh
Lob des Zappens
- 397 Frithjof Meinel
Ausgestelltes Design entsockeln – Drei Beispiele, ein Fazit
- 405 Carlo Bernasconi
Heimelig oder: Die Möblierung eines Adjektivs
- 413 Jakob Gebert
Ausstellungsarchitektur – Aspekte des Entwerfens
- 431 Alexander Vohl
Präsentative Elemente der Architektur
- 445 Daniel Herrmann
Das Modell: Halle-Neustadt
- 461 Axel Müller-Schöll
Von Äpfeln, Birnen und anderen gefühlten Vergleichen
- 475 Das Symposium
- 487 Zitate – Exponate: Ein Literaturmuseum
Maike Fraas
- 495 Faits divers
- 551 Matthias Götz
Villa Paragone – Thesen zum Ausstellen
- 627 Die Autoren

Jens Soentgen
Unausstellbar? Atome ausstellen

1. Erster Blick

Die Existenz von Atomen war jahrhundertlang umstritten, erst seit dem 20. Jahrhundert gilt ihr Dasein innerhalb der Wissenschaft als erwiesen. Jedoch zeichnete die Quantenmechanik zu Beginn des 20. Jahrhunderts ein sehr fremdartiges Bild von diesen kleinen, nicht kleinsten Teilchen. Atome sollten demnach nicht nur Teilcheneigenschaften, sondern auch Welleneigenschaften haben, sie waren kleiner als die Wellenlänge des Lichtes und zeigten Verhaltensmuster, welche mit denen der makroskopischen Welt nur wenig Ähnlichkeit hatten. So veränderte die Quantenmechanik auch das Verständnis der Messung. Jede Messung

verändert ihren Gegenstand, es gibt keine idealen, berührungsfreien Messungen. Damit entwickelte die Physik, die bis dahin immer gemeint hatte, das Sein an sich darstellen zu können, einen Reflexionsstand hinsichtlich der eigenen Methode, der etwa zur selben Zeit in ähnlicher Weise auch in anderen Disziplinen wie der Ethnologie oder der Psychologie erreicht wurde. Die Fremdartigkeit der atomaren Welt wurde von vielen führenden Physikern immer wieder betont und ist bis heute ein Topos in der populären naturwissenschaftlichen Literatur, aber auch in den Lehrbüchern geblieben. Als zum Beispiel Werner Heisenberg gefragt wurde, wie man sich ein Atom vorstellen solle, lautete seine Antwort: «Versucht es gar nicht erst!»

Seit den neunziger Jahren ist diese skeptisch-distanzierte Haltung einer genau gegenteiligen anderen gewichen. Man kann Atome sehen! Und sie wirken wie kleine, knubbelige Dinger. Man kann aus Atomen sogar Botschaften zusammenstellen, und in Zukunft will man sogar kleine Maschinen damit bauen. Die atomare Welt verliert ihre Fremdheit, seit in Zeitungen und populären Zeitschriften immer wieder neue Bilder von den winzigen Teilchen publiziert werden. Ursache dieser neuen Vertrautheit sind das Rastertunnelmikroskop und andere bildgebende Verfahren, die seit den neunziger Jahren entwickelt wurden. Sie scheinen Fotos von der atomaren Ebene zu liefern. Fotos, die überall gern gezeigt werden, demonstrieren sie doch Fortschritt und überlegene Technik. Sie sind zur wohl beliebtesten Bildware aus den exakten Naturwissenschaften geworden, so allgegenwärtig sind sie, dass das Rastertunnelmikroskop, dem sie entstammen, nicht mehr nur als Messgerät bezeichnet werden kann, es ist zugleich ein Kommunikationsmedium geworden. Auch in Forschungsanträgen sind solche Fotos buchstäblich Gold wert, ja, in den USA werden sie von manchen Wissenschaftlern geradezu «Nuggets» genannt. Das vormals Fremdartige wird vertraut. Im folgenden Text versuche ich, die scheinbare Vertrautheit und Nähe, welche das Rastertunnelmikroskop zur atomaren Welt ermöglicht, näher zu untersuchen. Es wird sich zeigen,

dass jene Vertrautheit zum Teil eine Illusion ist, die durch benennbare gestalterische Operationen zustande kommt. Zugleich möchte ich darauf hinweisen, dass die fremdartigen Momente der Quantenwelt in akustischen Repräsentationen der Messungen zum Ausdruck kommen. Mein Ausgangspunkt ist der Druck *Erster Blick* von Gerhard Richter aus dem Jahr 2000. (Abb. 1-2)

Richters Version unterstreicht gegenüber dem ursprünglichen Bericht durch die Konzentration auf das Bild und auch durch die Verknappung des Titels zu der Formel *Erster Blick* die Emphase. Die Formel *Erster Blick* zapft die archaische Kategorie der Erstheit an, die im Volksglauben, in Märchen und Legenden, aber auch in unserem Alltagsleben stark valorisiert ist. Der *erste Blick* hat Omencharakter. So gilt bei Bekanntschaften, auch bei Vorstellungsgesprächen vielfach noch der erste Eindruck als entscheidend. In dem Bild weist der Titel in eine ähnliche Richtung: Eine bestimmte Schranke wurde durch die Wissenschaft überschritten, ein Bereich, der bislang verborgen war, ist plötzlich sichtbar geworden. Die Unschärfe des Bildes und seine Auszeichnung als Foto vermittelt dem Betrachter den Eindruck von etwas Wirklichem. Im Kontext einer Zeitung, die für ihre akkurate Berichterstattung bekannt ist, wirkt ein verschwommener Klecks nicht etwa lächerlich. Vielmehr sagt sich der Leser: «Die würden sich nicht trauen, diese Kleckse zu zeigen, wenn es nicht wirklich eine Bedeutung hätte.» Das, was einer zum allerersten Mal erblickt, ist schliesslich oft verschwommen und undeutlich.

Gegenüber diesem affirmativen Gestus ist auf dem Bild auch die gegenläufige Tendenz zu spüren: eine deutliche Skepsis gegenüber dem, was hier als erster Blick in einen neuen Bereich vorgestellt wird. Denn durch verschiedene Massnahmen hat Richter versucht, gerade den Mediencharakter seines Objektes hervorzuheben. Zum einen hat er ein besonders dünnes Papier für den Druck gewählt, zum anderen hat er den Zeitungsausschnitt so wiedergegeben, dass noch die Rückseite des Blattes durchscheint.

Direkt unter dem Zeitungsausschnitt kann man noch das Wort «Sales Professional» in Spiegelschrift entziffern. Es handelt sich um die Überschrift eines Stellengesuchs von der Rückseite der Seite *Natur und Wissenschaft*. Auch im Zeitungsdruck scheint die Stellenanzeige durch, jedoch hat Richter den Effekt verstärkt. Die durchscheinende Anzeige gibt dem «Blick» einen ganz akzidentellen Charakter und schliesst das kognitive Erlebnis mit der kommerziellen Sphäre kurz. Und in dieser Sphäre entspricht allzu oft das, was gezeigt wird, nicht dem, was wirklich ist.

Offenbar soll diese Zusammenfügung, die im «Original» zwar auch gegeben ist, jedoch von Richter bewusst betont wurde, ein gewisses Unbehagen wecken und die Frage motivieren: Ist das, was hier als ein *Erster Blick* verkauft wird, nicht vielleicht doch eher das Resultat vielfältiger Vermittlungsprozesse und damit doch nicht so frisch, wie es zunächst den Anschein hat? Ist es vielleicht etwas durch und durch Gemachtes und Konstruiertes, was hier als glückliche Entdeckung inszeniert wird?

Das Atombild, welches in der FAZ gezeigt wird, ist durch eine neuartige, von Franz Josef Gießibl und seinem Team entwickelte Messmethode zustande gekommen. Diese Messmethode erlaubt es, «Botschaften» (im Sinne von Informationen) aus dem subatomaren Raum zu erhalten. Diese «Botschaften» sind in der Präzision, die Gießibl und sein Team erreicht haben, neuartig. Sie müssen aber, bis sie auf dem Frühstückstisch des FAZ-Lesers landen, einen weiten Weg zurücklegen. Aus der Legendenforschung wissen wir, dass Informationen, die sich vom Ort ihrer Entstehung entfernen und weitertradiert werden, charakteristischen Verformungstendenzen unterliegen. Diese Einsicht lässt sich auf Bilder übertragen. Auf dem langen Weg von der Spitze des Rasterkraftmikroskops über den PC im Labor, über die Fachjournale bis schliesslich hin zum Zeitungsleser verwandelt sich die ursprüngliche Information. Dabei wird einerseits ihre Komplexität reduziert. Andererseits werden die Botschaften aber auch angereichert.

Diese Anreicherungen haben, wie ich zeigen werde, gerade den eben genannten Sinn, die Spuren der Messenden und des Messgerätes aus dem Bild zu tilgen, um die Atome als etwas Selbstgegebenes erscheinen zu lassen. Der ganze Prozess, welcher das Bild hervorgebracht hat, soll möglichst unsichtbar gemacht werden. Das «Bild» aus dem Inneren des Atoms erweist sich auf diese Weise als Resultat eines vielstufigen Bearbeitungsprozesses, der nicht willkürlich ist, sondern das Ziel hat, an diejenigen ikonischen und semantischen Formeln anzuknüpfen, welche den Eindruck bewirken, dass man es nicht mit irgendeiner Simulation zu tun hat, sondern mit der objektiven Repräsentation von etwas *Wirklichem*. Mass der Wirklichkeit ist dabei die Ontologie des Alltags: eine Ontologie der Dinge und Stoffe. Die Merkwürdigkeit der rastertunnelmikroskopischen Technik liegt demnach darin, dass ein Instrument, das auf der Grundlage einer quantenmechanischen Ontologie konstruiert wurde, in der es keine Dinge gibt, schliesslich als Quelle von Bildern dient, die sich der alltäglichen Ding-Ontologie anpassen und ebendeshalb einen Wiedererkennungswert haben. Man meint, Dinge zu sehen – Atome als Dinge –, ebendarauf beruht der Aha-Effekt, den Bilder aus dem Rastertunnelmikroskop oftmals in der Öffentlichkeit auslösen.

Das, was sich während des Messprozesses, der auf quantenmechanischen Prinzipien beruht, abspielt, geht bei der Bildentstehung verloren. Um dies nachzuweisen, werde ich neben der optischen Repräsentation der Atome noch eine akustische heranziehen. Interessanterweise spielt nämlich beim konkreten Messvorgang selbst ein bestimmtes *Geräusch* für die Wissenschaftler eine zentrale Rolle. Dieses Geräusch repräsentiert, wie sich leicht zeigen lässt, den atomaren Messprozess wesentlich präziser als das zweidimensionale Bild. Es wäre viel sinnvoller, davon zu reden, dass man atomare Strukturen *hören* kann, als zu behaupten, dass man sie sehen kann.

Doch zunächst eine sachliche Klärung: Was ist überhaupt ein Rasterkraftmikroskop? Das Wichtigste, was man über ein Rasterkraftmikroskop wissen muss, ist, dass es nicht etwa mit Linsen arbeitet. Es hat nichts mit Licht und auch nichts mit einer wie auch immer gearteten Strahlung zu tun. Tatsächlich ist es ja so, dass Atome viel kleiner sind als die Wellenlänge von Lichtwellen. Mit Lichtwellen kann man aber keine Einzelheiten wahrnehmen, die kleiner als eine Wellenlänge des Lichts sind. Die Wellenlänge von Licht beträgt etwa 0,0005 Millimeter. Atome sind aber etwa 1000mal kleiner. Daher können Atome mit Lichtmikroskopen in keiner Weise, durch keine wie auch immer geartete Vergrößerung gesehen werden. Sie liegen unterhalb des Auflösungsvermögens dieser Mikroskope.¹ Das Rasterkraftmikroskop arbeitet also nicht mit Licht. Es hat ein viel archaischeres Prinzip: Es *tastet* seine Objekte ab.² Dazu dient eine Nadel. (Abb. 3) Wie das Ganze funktioniert, sei kurz erklärt.

2. Der Weg zum Atomfoto

2.1 Im Labor

Zunächst eine kurze Beschreibung der Räume, aus denen diese Bilder hervorgehen. Das Rasterkraftmikroskop steht in Augsburg in einem schallisolierten Raum und ist so gross wie ein Gorilla. Da es höchst erschütterungsempfindlich ist, wird es auf einen 30 Tonnen schweren Betonklotz montiert, der seinerseits mit einer besonderen Plastikmasse abgefedert wird. Die Schienen der vor der Universität vorüberfahrenden Strassenbahn sind, um die Messungen nicht zu stören, auf Gummi gelagert. Unten am Mikroskop ist eine Gasflasche zu sehen, in der ist Helium (manchmal auch Stickstoff) zur Kühlung drin, oben sind Sichtluken, die an ein altes Unterseegefährt denken lassen. In der Tat herrscht im Rasterkraftmikroskop ein Hochvakuum. Die Steuerungskonsole und die Computer sind in einem eigenen Raum untergebracht. Sie wirken auf den ersten Blick wie ein DJ-Mischpult. Die eigentlichen Funktionselemente des Mikroskops sind sehr klein. Das Prinzip besteht in einer atomar spitzen

Nadel, die zeilenweise über die Probe geführt wird. Die Steuerung funktioniert elektronisch, über ein piezoelektronisches³ Bauelement. Das Rasterkraftmikroskop (Atomic Force Microscope, AFM) wurde 1985 von Gerd Binnig erfunden, der zuvor schon das Rastertunnelelektronenmikroskop (Scanning Tunneling Microscope, STM) entwickelt hatte. Gerd Binnig stellte sich vor, dass es möglich sein müsse, Oberflächen so abzurasten, wie ein Blinder die Konturen eines Gesichtes abtastet.⁴ Tatsächlich ähnelt die Arbeitsweise eines Rasterkraftmikroskops weitgehend der Art und Weise, wie Blinde mit ihrem Taststock ein Terrain abtasten und dabei einen Eindruck seines Profils gewinnen.⁵ Wobei das Profil nur so genau sein kann, wie die Spitze fein ist – eine grobe Spitze, ein dicker Holzbalken etwa, liefert ein grobes Bild. Deshalb das Interesse an maximal spitzen Spitzen. An solchen, die aus einem einzigen Atom bestehen. Die Steuerung der Nadel erfolgt nicht von Hand, sondern durch ein sogenanntes piezoelektronisches Bauelement. Ein Rasterkraftmikroskop besteht also im Wesentlichen aus einer sehr feinen Spitze, die oft aus Wolfram besteht, jenem Stoff, aus dem auch die Glühwendel von Glühlampen gefertigt werden, und welche am Ende eines Federbalkens sitzt. Diese Spitze wird in geringem Abstand über die Oberfläche einer Probe geführt, wobei ein Rückkopplungsmechanismus dafür sorgt, dass die Kraft zwischen Spitze und Probe konstant bleibt. Gerät die Spitze in den Einflussbereich der Anziehungskraft eines Atoms, vergrössert sich daher der Abstand zwischen Spitze und Probe. Im resultierenden Höhenprofil erscheinen die Oberflächenatome normalerweise als unstrukturierte Hügel. Dabei wird die Spitze zeilenweise über die Probe geführt: von rechts nach links und dann wieder von links nach rechts und dann wieder von rechts nach links usw. Die Gruppe um den Binnig-Schüler Gießibl hat nun die Technik dahingehend verfeinert, dass die Wolframspitze auf einer besonders steifen Feder gelagert wird. Die Steifheit der Feder erlaubt es, Proben in sehr geringem Abstand abzutasten, ohne dass sich die Spitze in der Oberfläche verhakht. Die

Kräfte, die der im Mikroskop sitzende Blindenstock meldet, lassen sich natürlich nicht spüren. Sie werden als Daten gesammelt und in x-, y- und z-Richtung ausgewertet, wobei in x- und y-Richtung die Auslenkung gemessen wird, in z-Richtung die Kraft. In ein Bild gehen 65.536 Messwerte ein. Jeder Messwert ist dabei ein Mittelwert aus mehreren Messungen.

Aus diesen Daten entsteht dann die Repräsentation. Das heisst, um es nochmals zu betonen, ein Rasterkraftmikroskop arbeitet grundsätzlich anders als ein gewöhnliches optisches Mikroskop. Man hat es nicht mit Linsen und Strahlen zu tun, sondern mit einem Taststock, der die Probe zeilenweise abfährt. Die Repräsentation baut sich auf dem Bildschirm daher auch zeilenweise auf. Das Resultat ist einer Landkarte vergleichbar. (Abb. 4-5)

Eine Vorbedingung für das Mikroskopieren in atomarer Skala sind gut präparierte Proben. Von der Arbeitsgruppe um Franz Josef Gießibl werden insbesondere Siliziumplättchen verwendet, die von Wacker Chemie hergestellt werden. Sie werden in der hochauflösenden Mikroskopie auch sonst oft verwendet, etwa um neue Mikroskope zu eichen. Diese Plättchen werden bereits hochrein geliefert, sie werden jedoch weiter präpariert. Vor der Messung werden sie im Hochvakuum bis nahe an den Schmelzpunkt erhitzt, auf 1150 °C. Das Erhitzen hat den Zweck, die verschüttete Oberfläche freizuräumen. Denn gewöhnliche Oberflächen, auch wenn sie sauber scheinen, sind von einer sehr «dicken» Schmutzschicht von Wasser, Luftmolekülen, Staub usw. bedeckt. Ähnlich wie ein Plattenspieler nicht gut funktioniert, wenn die oberste Schicht mit Staub bedeckt ist, so kann auch das Rasterkraftmikroskop nur eine saubere Probe so messen, dass atomare Strukturen erkennbar werden. Daher muss der «Schmutz» weg. Dazu dient die Reinigung durch Hitze. Zugleich vergrössern die Atome durch das Erhitzen ihre Abstände und ordnen sich zu gut erkennbaren Mustern um. Das ist wichtig – denn nur wenn man weiss, wonach man schauen muss, kann man auch etwas sehen.

Die Spitzen werden immer wieder neu gefertigt – es gibt kein sicheres Verfahren, wie man atomar scharfe Spitzen herstellen kann. Man muss es handwerklich ausprobieren. Wenn es richtig funktioniert, sitzt oben auf der Spitze schliesslich nur noch ein einzelnes Atom.

Die einzelne Messung dauert etwa zwei Minuten – die Vorbereitung von Spitze und Probe allerdings nimmt Tage in Anspruch. Das Bild baut sich nach und nach, zeilenweise auf dem Bildschirm auf. Doch wichtig für den Mikroskopierer ist zunächst nicht das Auge, sondern vor allem das Ohr. Denn dank einer zweifachen Verstärkung kann der Messende seiner Spitze, während sie über die Probe fährt, zuhören. Diese Geräusche sind wesentlich näher dran am Geschehen als das Bild. Man hört, wie die Nadel zeilenweise über die Probe rumpelt. Sie produziert in der Verstärkung ähnliche Geräusche wie die Plattenspielnadel beim Scratches. Der geübte Rasterkraftmikroskop-Nutzer kann anhand dieser Geräusche bereits vorentscheiden, ob eine Messung funktioniert oder nicht. Daher ist die akustische Repräsentation von so hoher Bedeutung. Sie kann viel Arbeit ersparen. Ja, ein Praktiker sagte mir sogar, dass es die Bilder gar nicht geben würde, wenn das Geräusch nicht da wäre. Wenn der Kopfhörer aus irgendeinem Grund defekt ist, wird nicht gemessen. Eine akustische Repräsentation einer Messung mit dem Rasterkraftmikroskop wurde ins Netz gestellt unter www.staubausstellung.de, unter dem Menüpunkt *Materialien*.⁶

Die Atome hören sich hier ziemlich hart an: Sie sind auch stark abgekühlt – bis nahe an den absoluten Nullpunkt. Interessant an den akustischen Repräsentationen ist, wie komplex und vielschichtig sie sind – und das, obwohl ein Grossteil der Messwerte auch hier ausgeblendet wird! Man hört Untergrundgeräusche, tiefe und hohe Frequenzen. Je nachdem, was man misst – ob Silizium oder Graphit – und unter welchen Bedingungen man misst, erhält man auch deutlich andere Töne. Die Signale von der Nadel werden von zwei Hochleistungsverstärkern, die stark abgeschirmt

hintereinandergekoppelt sind, hörbar gemacht. Diese Verstärker haben ein Spektrum von bis zu 100 Kilohertz. Das menschliche Ohr hört bis 30 Kilohertz.

So weit diese kurze Schilderung des Messprozesses. Ich denke, dass deutlich geworden ist, wie viele Vermittlungen und Interpretationsprozesse und Präpariertechniken nötig sind. Was liefert nun das Rasterkraftmikroskop? Es liefert weder Bilder noch Töne, sondern Daten. Und auch nicht Daten von einer Welt an sich, sondern Daten, welche die *Wechselwirkung* der Spitze mit der Probe protokollieren. Letztlich sind es Wegbeschreibungen, welche die Spitze auf ihrem Weg über die Probe liefert – wie in Wanderführern bisweilen die Höhenprofile einer Wanderung bezeichnet werden. Aus den Höhenprofilen, die den einzelnen Zeilengängen der Nadel entsprechen, wird dann eine dreidimensionale Landkarte zusammengesetzt – wie aus den Messungen eines Geographen im Gelände schliesslich eine Karte entsteht. Die Landkarte ist nicht das Gelände selbst, sondern eine abstrahierende Repräsentation. Doch das veröffentlichte Bild lässt nicht an eine Karte oder an sonstiges Menschenwerk denken, sondern vermittelt das Gefühl, man sehe die Atome selbst. Das ist etwa so, als würde einer, der eine Landkarte studiert, hinterher erzählen, er sei in der Gegend gewesen. Durch welche Gestaltungsmittel wird dies erreicht? Wie gelingt die Inszenierung der Sache selbst?

An erster Stelle dieses Prozesses steht ein Heinzelmännchen namens *PCM Image Scan*. Es ist Teil der Software des Gerätes und zuständig für die graphische Datenverarbeitung. Jede Herstellerfirma hat hier ein eigenes Programm, dasjenige von Weco Digital Instruments etwa nennt sich *NanoScope*. Diese Programme kann man Anpassungsmaschinen nennen, nicht etwa, weil sie getreu abbilden, was sie «sehen», sondern weil sie die an sich abstrakten Daten an unsere Sehgewohnheiten anpassen. Sie synthetisieren das Begriffliche und das Sinnliche, übernehmen also die Funktion, welche Kant den Schematismen zugeordnet

hatte. Sie bieten alle Features, die auch Photoshop bietet, können «scharfzeichnen», «stark scharfzeichnen», «Reliefs» bilden oder auch «Nebel» und sogar «starken Nebel» ins Bild blasen.

Zunächst geht es aber darum, die Bilder zu «orthogonalisieren», d.h. so auszurichten, wie man die Atomgruppen theoretisch erwarten müsste, und sie andererseits von Störgrössen zu befreien, von Artefakten des Messprozesses. Das Programm hat auch eine Farbpalette. Zwar gibt es auf atomarer Ebene keine Farben, die meisten Nanobilder jedoch sind bunt: dank der Anpassungsmaschine. So ist etwa Orange in der Szene beliebt, weil es zum einen eine gute Auflösung bietet, zum anderen auch, weil dadurch die ganze Sache dynamischer wirkt. Viele Physiker halten diese Farbgebung für sinnvoll. So schreibt etwa der theoretische Physiker Hans Christian von Baeyer in seiner Geschichte der Atombeobachtung: «Die Farbigkeit der Atombilder hat, so falsch sie auch ist, weitreichende Wirkung: Sie gibt den Atomen ein Element der Wirklichkeit zurück, das sie verloren hatten. Reale Gegenstände besitzen – mögen sie auch noch so langweilig sein – neben Form, Materialbeschaffenheit, Gewicht und Härte auch Farbe.» (von Baeyer 1993, S. 117) Das ist euphorisch formuliert. Man könnte die Resultate der Bildbearbeitung auch als Atomkitsch bezeichnen, der mit der Realität wenig zu tun hat, aber viel mit unseren Sehgewohnheiten.

Erst durch dieses Programm erhalten die Daten ein Aussehen, eine Oberfläche und eine Tiefe. In den gezeigten Bildern taucht auch eine Art *Schatten* auf, der den Eindruck der Plastizität verstärkt. Ein solcher Schatten ist natürlich ein Phantasma, er hat nichts mit den tatsächlichen Prozessen zu tun, wie sollte es da, wo gar kein Licht mehr hinkommt, denn überhaupt Schatten geben? Gerade das Phantasma stärkt aber den Realitätsgehalt des Bildes; daher wurden elektronenmikroskopische Bilder schon früh so arrangiert, dass sie eine Art Schatten zeigen. Denn was keinen Schatten hat, das ist, wie auch die Märchen leh-

ren, spukhaft und unwirklich. Die Rasterkraftmikroskopie schliesst damit an eine simple Technik an, die bereits in der Frühzeit der Elektronenmikroskopie entwickelt wurde (Hennig 2004) – es wird der Anblick von Kugeln suggeriert, die aus einer bestimmten Richtung beleuchtet sind und in die andere einen Schatten werfen. So wird ein Wiedererkennungseffekt und damit das Gefühl von Erkenntnis hervorgerufen: Man denkt: Aha, Atome sind nichts anderes als Kugeln! Der bereits zitierte von Baeyer freut sich über das Resultat: «Wir sehen mit unseren eigenen Augen, dass Atome glatte, feste Materiekörner sind. Körner mit messbaren Dimensionen und Formen, genauso wie Lukrez sie sich vorgestellt hatte.» (von Baeyer 1993, S. 280)

2.2 Im Fachjournal

Nachdem die Messung visualisiert, die theoretische Auswertung und die Bildbearbeitung abgeschlossen ist, werden die Arbeiten in Fachjournalen veröffentlicht. In diesen Publikationen werden in der Regel die Herstellungsbedingungen sehr genau angegeben, so dass man in diesem Stadium eher in wissenschaftstheoretischem Sinne von Repräsentationen sprechen sollte, nicht von Bildern im kunsthistorischen Sinne. Bei einer *Repräsentation* wird ein Code mitgeliefert, der das Entschlüsseln gestattet. Nur wer den Code kennt, hat eine Chance zu verstehen, was die Repräsentation aussagt. Bei einem Bild fehlt dieser Code, seine Deutung ist stärker der Intuition überlassen.

Am Rand der Repräsentationen in den Fachzeitschriften sind denn auch die Massstäbe angegeben, und auch ein Farbcode findet sich. Hierdurch wird die Darstellung der Messwerte recht gut als Karte erkennbar. Manchmal freilich sieht man auch ganz bunte, futuristische Bilder aus dem nanoskaligen Bereich. Hierzu nochmals von Baeyer: «Es ist ein Gebiet, das seit Jahrtausenden intellektuell beschworen wird, aber für unsere Sinne bislang verboten war. Wie Dorothy im Lande Oz blicken wir jetzt staunend umher: Hier erhebt sich ein komplexes organisches Molekül aus einer Graphitfläche wie der Mount Everest aus einer schneebedeckten

Ebene ... Es gibt Molekülreihen, die wie eine Phalanx blauer Ozeanwellen mit gelbweissen Schaumkronen aussehen, während die Täler zwischen den Wellenkämmen mit funkelndem Rotwein gefüllt zu sein scheinen ...»⁷

In jedem Fall bleibt in der Publikation im Fachjournal die Darstellung des Voraussetzungsreichtums des Bildes ein wichtiger Punkt. Auch wird Wert auf die Feststellung gelegt, dass hier nicht Atome an sich zu sehen sind, sondern eine bestimmte Wechselwirkung, was auch in der Frage zum Ausdruck kommt, ob die Spitze die Probe abbildet oder die Probe die Spitze. Hinsichtlich der Farbgebung unterscheiden sich die Journale. Die einen bilden Atome orange ab, weil es lebendiger wirkt, andere in einem weniger emotional besetzten Blau. Für den Nichtphysiker ist der naive Bezug der Physiker zu ihren Gestaltungsmitteln oft überraschend: Eher würde man ein neutrales Grau als Farbgebung erwarten. Die bunte Farbpalette scheint indes pragmatische Gründe zu haben – sie erleichtert den täglichen Umgang mit den «Atombildern».

2.3 In der Zeitung

Nun gelangen die Bilder aus dem Kontext der Fachkommunikation mitten hinein in die FAZ. Und die FAZ wirkt nochmals massiv auf das Bild ein. Zum einen wird das Bild vereinzelt, auf eine unscharfe Wolke reduziert. Der Massstab wird weggelassen. Es wird schwarzweiss reproduziert und gewinnt hierdurch, zumindest der Intention nach, an Objektivität (Diers 1998, S. 276-296). Nicht der Physiker Franz Josef Gießibl wird genannt, sondern die Wahrheit verbürgende Institution: Universität Augsburg. Und nicht von einer dreidimensionalen Messkurve wird gesprochen, sondern von einem Foto. Damit wird der Anschluss an ein Medium gesucht, das in der *communis opinio*, wenn auch nicht mehr im Diskurs der Fototheoretiker, als Garant für Echtheit gilt. Wie Roland Barthes in seinem fototheoretischen Werk *Die helle Kammer* schreibt, ist die Kernaussage (das «Noema», wie Barthes mit einem Wort der älteren Phänomenologie sagt) eines Fotos das «Es-ist-so-gewesen».

Es ist nicht etwas von Menschen Gemachtes, sondern objektiv, die Sache selbst. So verbindet sich der Datensatz aus Augsburg mit dem Symbol der Echtheit: In dieser verdinglichten Form zeigt sich das Atom dem Leser und vermittelt ihm den Eindruck: Na so was, jetzt können wir endlich auch in die Atome sehen. Dass man auf dem Bild relativ wenig erkennen kann, weil die Unschärfe dominant ist, gereicht der Sache nicht zum Nachteil. David Gugerli, Technikhistoriker an der ETH Zürich, spricht davon, dass Wissenschaftsbilder «produktionsseitig standardisiert und rezeptionsseitig normalisiert» sein müssten, um gesellschaftlich relevant zu werden. Mit der Standardisierung ist einerseits eine deutliche Komplexitätsreduktion, andererseits eine Anpassung an Sehgewohnheiten und Wahrnehmungsschlüssel gemeint, die schliesslich dazu führt, dass die Bilder als Darstellungen wirklicher Sachverhalte gelten und nicht als beliebige Konstrukte. Diese Anpassungsleistung wird zum Teil durch die in die Systeme implantierten Bildbearbeitungsprogramme vollbracht.

Was die «rezeptionsseitige Normalisierung» angeht, so dürfte in erster Linie die Gewöhnung an Mikroskopbilder zu nennen sein. Sie wird durch den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Schule, aber auch durch Medien vermittelt. Die Gewöhnung an Mikroskopierbilder ist auch der Grund dafür, dass das Rasterelektronenmikroskop *Mikroskop* heisst. Denn eigentlich ist das Rasterkraftmikroskop, wie bereits die Schwedische Akademie der Wissenschaften anlässlich der Verleihung des Nobelpreises an Binnig und Rohrer feststellte, überhaupt kein Mikroskop, da es kein Direktbild seines Gegenstandes liefert.⁸ Doch der Anschluss an den eingespielten Begriff des Mikroskops erhöht das Prestige, das die daraus gelieferten Bilder geniessen. Sie gelten, weil sie als Mikroskopbilder ausgegeben werden, nicht als Oberflächenkarten, das heisst als etwas Abstraktes, sondern als Repräsentationen der *Sache selbst*. So trägt schon der Titel des Geräts dazu bei, den Schein des Unmittelbaren zu errichten.

Es ist wahrscheinlich, dass die Daten der Augsburger Arbeitsgruppe nur deshalb ausserhalb der engeren Fachöffentlichkeit wahrgenommen wurden, weil sie wie ein Foto daher kamen. Dennoch ist es geradezu schmerzlich zu sehen, dass die Messungen am Ende nur im Gewand eines Fotoschemas als objektive Repräsentation und bedeutende Entdeckung wahrgenommen werden können. Denn tatsächlich sind sie viel mehr als das. Es sind Berichte vom subtilsten *Kratzen*, das man je durchgeführt hat. Ein Kratzen mit einer atomar scharfen Kralle – die feinste «Hubbel» registriert.

3. Atome hören

An dieser Stelle komme ich nochmals auf die akustische Repräsentation zurück. Es handelt sich dabei nicht um genau die Messung, die auch die Bilder ergeben hat, jedoch um eine Messung mit demselben Gerät in derselben Auflösungsstufe. Für Leser, die sich die Datei nicht im Internet herunterladen können, versuche ich eine zusammenfassende Beschreibung:

Es ist ein sehr unspektakuläres Geräusch. Ein wenig erinnert es ans Scratchen eines DJs – tatsächlich lassen sich bei genauerem Hinhören viele einzelne Momente unterscheiden: Denn das Geräusch entspricht sehr genau dem eigentlichen Messprozess – es ist von ihm nur durch zwei Vermittlungsstufen (Verstärkungsstufen) getrennt. Am Anfang setzt die Nadel sozusagen auf die Probe auf, dann folgt eine Weile lang nichts. Schliesslich hört man den Gang über eine hügelige Oberfläche, der sich erkennbar in einem Hin und Her vollzieht. Schliesslich hört man noch eine Art «Plop», durch das sich die Nadel von der Probe löst bzw. die Messung beendet wird. Und darüber oder darunter hört man noch eine Menge weiterer Nebengeräusche, die sich schwer zuordnen lassen – neben dem beschriebenen Messprozess scheinen noch recht viele Ereignisse stattzufinden, die sich nicht zuordnen lassen. Mit geübtem Ohr lassen sich in dem kurzen Geräuschmitschnitt noch mancherlei Einzelheiten heraushören – und in der Tat sind gerade auch die

subatomaren Strukturen gut identifizierbar. Für die praktische Arbeit am Rasterkraftmikroskop ist denn auch, wie bereits betont, das *Hören* von enormer Bedeutung. Gerade das Geräusch ermöglicht nämlich eine rasche Orientierung über die Qualität einer Messung.

Tatsächlich ist die akustische Repräsentation viel präziser als die optische, nicht nur weil sie ungefiltert ist, sondern weil sie auch den Prozesscharakter der zugrundeliegenden Messung genauer wiedergibt. Sie vermittelt zudem sofort eine Vorstellung davon, dass es um eine Wechselwirkung geht, nicht um die Feststellung von irgendwelchen Atomen, die scheinbar «an sich» da sind und nur darauf warten, vom Fachmann fotografiert zu werden. Am Kratzigen des Geräuschs erkennt man, dass der Messende tatsächlich etwas tut, nämlich mit der Nadel über die Oberfläche fahren, und nicht nur unbeteiligter Zeuge einer Selbstenthüllung der Natur ist. Die Wechselwirkung, die da zu hören ist, scheint sogar recht grob zu sein, wie ein Pflug, den jemand durch einen Acker zieht. In allen diesen Punkten entspricht die akustische Repräsentation viel eher den quantenmechanischen Grundeinsichten als die visuelle Repräsentation, die so tut, als seien Atome Dinge, die man anfassen kann. Sie zeigt nämlich, dass es keine Welt an sich gibt, sondern nur Wechselwirkung, und dass man, wenn man etwas von der Welt erfahren will, in diese eingreifen muss. Schliesslich vermittelt einem die akustische Repräsentation auch ein Gefühl vom Schwingungscharakter der atomaren Welt, die mathematisch in der Wellenmechanik ausgedrückt wird.

Die akustische Repräsentation ist also ausserordentlich informativ. Sie wird dennoch, wenn schon nicht aktiv unterdrückt, so doch in den Darstellungen massiv vernachlässigt. Das hat viele Gründe, zum einen sicher, dass in unserer Wissenschaftstradition das Sehen gegenüber dem Hören bevorzugt wird, zum anderen, dass wir eher geneigt sind, mit Dingen – und seien es auch nur künstliche Dingimitationen – umzugehen als mit Prozessen. Nicht zuletzt dauert es auch länger, einer akustischen Repräsentation zuzuhören, als ein Bild anzusehen.

Gleichwohl lohnt es sich, wie dieser Text und die Beispiele zeigen sollten, auch den Prozessen nachzugehen – und ihren akustischen Repräsentationen. Das gilt vielleicht auch für die Wissenschaft selbst, in jedem Fall aber ist es für den Laien mindestens ebenso spannend, Atome zu hören, wie es ist, sie zu sehen. Und es ist auch spannend, die akustische Repräsentation mit der visuellen zu *vergleichen*. Denn die akustische Repräsentation spricht keine Sprache von Distanz und Überlegenheit. Vielmehr bleibt der Eindruck eines fast hilflosen Schabens und mechanischen Tastens, das mal an einen wüsten und gewaltsamen Scratch erinnert und mal an das leise Hin und Her eines Blindenstocks. Es ist keine souveräne Draufsicht, sondern ein chaotisches Mittendrinsein, dessen Zeuge man wird. Die in der quantenmechanischen Welt wichtige Einsicht, dass eine Messung immer das zu Messende verändert, ist anhand des Geräusches geradezu körperlich zu spüren. Mag die visuelle Repräsentation für den Wissenschaftler auch viele Vorzüge haben, für den Laien ist es vermutlich lehrreicher, Atome zu hören, als sie zu sehen. Denn anders als das Bild lockt das Geräusch nicht auf eine falsche Fährte. Es entspricht ziemlich genau dem, was wirklich passiert. Zumindest als Korrektiv sollten daher die akustischen Repräsentationen wissenschaftlicher Prozesse mehr gepflegt werden. In ihnen ist die Fremdheit jener winzigen Welt konzentriert, die im visuellen Bild wegretuschiert und verdünnt wird.

In dem Werk *Erster Blick* von Gerhard Richter, von dem ich ausgegangen war, ist die Skepsis gegenüber einer auf Visualisierung fixierten Wissenschaft deutlich zu spüren. Es ist der Instinkt des Popkünstlers für das Klischee, der sich in dieser Skepsis meldet. Ohne Zweifel steht hinter den Atombildern aus Augsburg eine ausserordentliche wissenschaftliche und technische Leistung. Indem diese Leistung in die Form eines Bildes gegossen wird, gewinnt sie an sozialer Überzeugungskraft. Die spontane Vertrautheit der Welt, welche die Bilder suggerieren, erweist sich jedoch als eine künstlich hergestellte Illusion.⁹

Anmerkungen

1 Das Auflösungsvermögen eines Mikroskops ist der Abstand zwischen zwei Einzelheiten im Bild, welcher gerade noch wahrgenommen werden kann. Dieser liegt bei Lichtmikroskopen um mindestens ein Tausendfaches über dem Durchmesser von Atomen. Folgt daraus, dass Atome überhaupt nicht ‚gesehen‘ werden können? Sicher ist jedenfalls, dass man nur ‚Bilder‘ von ihnen zu Gesicht bringen kann.

2 Vgl. die erste Originalbeschreibung des Rasterkraftmikroskops bei Binnig u.a., Atomic Force Microscope, 1986, S. 930-933. Das Rasterkraftmikroskop funktioniert ganz ähnlich wie das Rastertunnelmikroskop, welches Heinrich Rohrer und Gerd Binnig Anfang der 80er Jahre entwickelt haben und für das sie 1986 den Nobelpreis erhielten (Binnig u.a., Scanning tunneling microscopy, 1987, S. 615-625).

3 Piezoelektronische Materialien sind solche, die sich in bestimmter Weise verformen, wenn Strom durch sie hindurchfließt. Ein Beispiel ist der Quarzkristall, der im Inneren der Uhr, angetrieben von einer Batterie, schwingt. Da sich Strom sehr fein dosieren lässt, lassen sich auch die Bewegungen piezoelektronischer Bauteile fein steuern.

4 Vgl. von Baeyer, Das Atom in der Falle, 1993, S. 106: ‚Einmal lag er auf dem Fußboden des Hauses, in dem er dort wohnte, und sein Blick fiel auf die feine Oberflächenstruktur der Decke. Er fragte sich, wie sich diese wohl mit dem RTM aufzeichnen lasse, wo sie doch aus Gips bestand und keine Elektrizität leiten würde. So begann er zu überlegen, welche Möglichkeiten es neben Tunnelströmen gäbe, Oberflächen zu untersuchen, und verfiel auf eine verblüffend einfache Idee: Warum sollte man sie nicht einfach vorsichtig abtasten, wie die Finger eines Blinden die Konturen eines Gesichts nachzeichnen?‘

5 Insofern ist es fraglich, ob man, wie oft behauptet wird, mit dem Rasterkraftmikroskop Atome ‚sehen‘ kann – wenn das so wäre, könnte auch ein Blinder mit seinem Stock sehen.

6 Die Aufnahme wurde mit demselben Mikroskop und mit derselben Technik durchgeführt, mit welcher auch die oben angeführten Bilder produziert wurden. Die Probe jedoch besteht aus Kohlenstoffatomen und wurde nahe dem absoluten Nullpunkt aufgenommen. Akustische Files von den oben dargestellten Bildern wurden leider nicht gespeichert. (Aufnahme Dr. Stefan Hembacher)

7 von Baeyer, Atome in der Falle, 1993, S. 120. Bei so euphorischen Bemerkungen fühlt man sich erinnert an Gaston Bachelards Wort vom ‚farbenfrohen Empirismus‘: Es gibt nichts zu denken, man muss nur schauen.

8 Vgl. die Pressemitteilung der Akademie (Royal Swedish Academy of Sciences 1986). Neben Gerd Binnig und Heinrich Rohrer wurde auch der Erfinder des Transmissionselektronenmikroskops (allgemein als TEM bezeichnet), Ernst Ruska, ausgezeichnet. Das TEM wird im Gegensatz zu den diversen Rastermikroskopen zu Recht als Mikroskop bezeichnet, da

es tatsächlich ein Direktbild liefert, wenn dieses auch mit Elektronenstrahlen zustande kommt. Eine Vorform des Rastermikroskops, welches Russell Young entwickelte, wurde als *Topografiner* bezeichnet, eine eigentlich zutreffendere Bezeichnung. Auch Binnig und Rohrer sprachen in ihren frühen Veröffentlichungen nicht von Bildern, sondern von Topographien, welche das Instrument liefere.

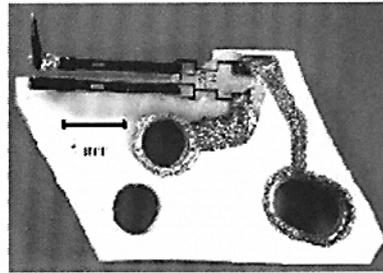
9 Für wichtige Diskussionen und die Bereitstellung von Material danke ich PD Dr. Franz Josef Gießibl, Dr. Markus Herz, Prof. Dr. Armin Reller und Prof. Dr. Siegfried Horn, alle Universität Augsburg. Für die Erlaubnis, die Arbeit *Erster Blick* wiederzugeben, danke ich Gerhard Richter. Für Unterstützung bei der Erstellung der Bilddateien und bei der Überarbeitung des Textes danke ich Claudia Rall und Dr. Simon Meißner. Dieselbe Thematik habe ich an anderem Ort schon einmal in stärker philosophischer Form dargestellt (vgl. Soentgen 2006, dort auch umfangreiche Literaturnachweise).

10 Für die Bereitstellung des Berichts danke ich dem Leiter der Pressestelle der Universität Augsburg, Herrn Klaus Prem.

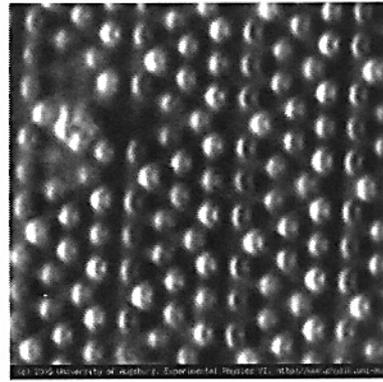
Literatur

- Adorno, Th. W., Zur Metakritik der Erkenntnistheorie. Studien über Husserl und die phänomenologischen Antinomien, Frankfurt/M. 1990
- Baeyer von, H.-Ch., Das Atom in der Falle. Forscher erschliessen die Welt der kleinsten Teilchen, Reinbek 1993, S. 106
- Barthes, R., Die helle Kammer. Bemerkung zur Photographie, Frankfurt/M. 1985, § 32
- Binnig, G., Rohrer, H., Gerber, Ch., Weibel, E., Surface Studies by Scanning Tunneling Microscopy, in: Physical Review Letters, Vol. 49, No. 1 (July 1982), 57-61
- Binnig, G., Rohrer, H., Gerber, Ch., Weibel, E., 7x7 Reconstruction on Si (111) Resolved in Real Space, in: Physical Review Letters, Vol. 50, No. 2 (January 1983), 120-123
- Binnig, G., Rohrer, H., Scanning tunneling microscopy – from birth to adolescence (Lecture delivered 8 December 1986, on the occasion of the presentation of the 1986 Nobel Prize in Physics), in: Reviews of Modern Physics, Vol. 59, No. 3, Part I (July 1987), 615-625
- Binnig, G., Quate, C. F., Gerber, Ch., Atomic Force Microscope, in: Physical Review Letters, Vol. 56, No. 9 (March 1986), 930-933
- Blumenberg, H., Licht als Metapher der Wahrheit. Im Vorfeld der philosophischen Begriffsbildung, in: Studium Generale, Jg. 10, Heft 7 (1957), 432-447
- Bosbach, N., Fakturauffassung und Naturverständnis am Beispiel von Karl Fred Dahmen und Otto Piene, in: S. Opitz, G. Wiesenfeld (Hg.), Die Sache selbst, Weimar 2002, S. 22-41
- Diers, M., Grauwerte. Farbe als Argument und Dokument, in: S. Opitz, G. Wiesenfeld (Hg.), Die Sache selbst, Weimar 2002, S. 276-296

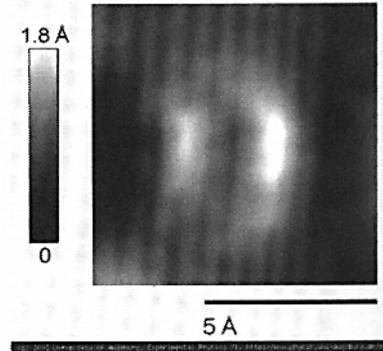
- Dombois, E., Wann Hören? Vom Forschen mit den Ohren, in: A. Schürmann, B. Weiß (Hg.), *Chemie – Kultur – Geschichte (Festschrift für Hans-Werner Schütt anlässlich seines 65. Geburtstages)*, Berlin 2002, S. 79-92
- Erster Blick in das Innere eines Atoms, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 26.7.2000 (Autor: ahv)
- Geimer, P., Ordnungen der Sichtbarkeit. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie, Frankfurt/M. 2002
- Gießibl, F. J., Atomic resolution on Si-(7x7) by noncontact atomic force microscopy with a force sensor based on a quartz tuning fork, in: *Applied Physics Letters*, Vol. 76, No. 11 (March 2000), 1470-1472
- Gießibl, F. J., Rasterkraftmikroskop sieht erstmals ins Innere des Atoms, in: *Spektrum der Wissenschaft* (April 2001), 12-14
- Gießibl, F. J., Bielefeldt, H., Hembacher, S., Mannhardt, J., Subatomic Features on the Silicon (Rasterkraftmikroskop)-(7x7) Surface Observed by Atomic force Microscopy, in: *Science*, Vol. 289 (July 2000), 422-425
- Gießibl, F. J., Bielefeldt, H., Hembacher, S., Mannhardt, J., Imaging of atomic orbitals with the Atomic Force Microscope – experiments and simulations, in: *Annalen der Physik* 10 (2001), 887-910
- Gugerli, D., Soziotechnische Evidenzen, in: *Traverse* 3 (1999), *Wissenschaft, die Bilder schafft*; www.tg.ethz.ch/forschung/mitarbeiter/DavidGugerliPubl.htm#WissenschaftlicheArtikel
- Heisenberg, W., Das Naturbild der heutigen Physik, in: *Bayerische Akademie der Schönen Künste (Hg.), Die Künste im technischen Zeitalter. Dritte Folge des Jahrbuchs Gestalt und Gedanke*, München 1958, S. 43-69
- Hennig, J., *Imaging NanoSpace – Bildwelten der Nanotechnologie*; www.ifs.tu-darmstadt.de
- Hennig, J., Vom Experiment zur Utopie: Bilder in der Nanotechnologie, in: *Bildwelten des Wissens (Ms.)*, Berlin 2004
- Lessing, G. E., Laokoon: oder über die Grenzen der Malerey und Poesie. Mit beyläufigen Erläuterungen verschiedener Punkte der alten Kunstgeschichte. Erster Theil (1766), in: *G. E. Lessings sämtliche Schriften* (Hg. Karl Lachmann), 9. Band, Stuttgart 1893, S. 1-177
- Rheinberger, H.-J., Präparate – (Bilder) ihrer selbst. Eine bildtheoretische Glosse, in: *Horst Bredekamp, Gabriele Werner (Hg.), Bildwelten des Wissens, Bd. 1,2: Oberflächen der Theorie*, Berlin 2003, S. 9-19
- Schawelka, K., Berührungsmagie und die Inszenierung der Sache selbst, in: *S. Opitz, G. Wiesenfeldt (Hg.), Die Sache selbst*, Weimar 2002, S. 6-19
- Schenda, R., Bilder vom Himmel, in: *Kurt Ranke (Hg.), Enzyklopädie des Märchens, Bd. 2*, Berlin, New York 1999, S. 326-328
- Soentgen, J., Atome sehen, Atome hören, in: *Alfred Nordmann, Joachim Schummer, Astrid Schwarz, Nanotechnologien im Kontext*, Berlin 2006, S. 97-113
- The Royal Swedish Academy of Sciences (1986), Press Release: The 1986 Nobel Prize in Physics; www.nobel.se/physics/laureates/1986/press.html
- Ward, R. Y., Scire, F., The Topografiner: An Instrument for Measuring Surface Microtopography, in: *Review of Scientific Instruments*, Vol. 43, No. 7 (1972), 999-1011



3 Nadel eines Rasterkraftmikroskops
(© Universität Augsburg, Lehrstuhl für
Experimentalphysik VI, Franz Josef Gießibl)

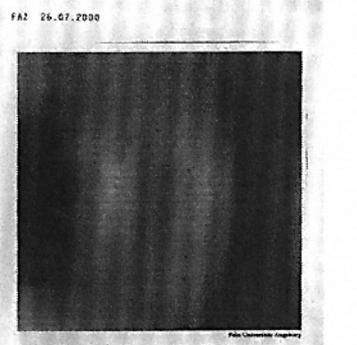


4 AFM-Bild, veröffentlicht in *Science*
(© Universität Augsburg, Lehrstuhl für
Experimentalphysik VI, Franz Josef Gießibl)



5 AFM-Bild, veröffentlicht in *Science*
(© Universität Augsburg, Lehrstuhl für
Experimentalphysik VI, Franz Josef Gießibl)

1 Gerhard Richter, *Erster Blick*, 2000
Richters Bild ist ein Offsetdruck eines
Ausschnitts aus der Seite *Natur und
Wissenschaft* der Frankfurter Allgemeinen
Zeitung. Um zehn Prozent vergrößerte
Kopie des Originalausschnitts aus dem
Pressearchiv der Universität Augsburg¹⁰.



Erster Blick in das Innere eines Atoms
Mit einem Rasterkraftmikroskop konnte jetzt erstmals Details innerhalb eines einzelnen Atoms sichtbar gemacht werden. Auf diesem Bild sind die Elektronenwolken eines Siliziumatoms zu erkennen. Vom flüchtigen Schimmer ist bekannt, dass es einem C-60-Molekül dringt. Atomare Strukturen sind heute, nachdem die Physik abgeklärt ist, das durch die Technik des Abbildens sichtbar. (Science, Bd. 281, S. 422).
Die höhere Auflösung erreichen die Forscher, indem sie einen vorversteigerten Scanner verwenden. Er besteht aus einem „Stammspigel“, dem ein Siliziumatom anhängt. Die Spitze des Spiegels ist so in ein einziges Schwingungsband der Probe verankert. Die Probe ist ein Atomare Struktur, die durch die Technik des Abbildens sichtbar ist. (Science, Bd. 281, S. 422).
Die höhere Auflösung erreichen die Forscher, indem sie einen vorversteigerten Scanner verwenden. Er besteht aus einem „Stammspigel“, dem ein Siliziumatom anhängt. Die Spitze des Spiegels ist so in ein einziges Schwingungsband der Probe verankert. Die Probe ist ein Atomare Struktur, die durch die Technik des Abbildens sichtbar ist. (Science, Bd. 281, S. 422).

2 FAZ, 26.7.2000