

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Ernst Seidl, Thomas Beck, Frank Duerr (Hg.)

Wie
Schönes
Wissen
schafft



WIE SCHÖNES WISSEN SCHAFFT

SCHRIFTEN DES MUSEUMS DER UNIVERSITÄT TÜBINGEN MUT HERAUSGEGEBEN VON BERND ENGLER UND ERNST SEIDL

BAND 3

Texte

Thomas Beck, Christian Bornefeld, Maria Coors, Frank Duerr, Bernd Engler,
Axel Christoph Gampp, Daniel Grünkranz, Daniel Hornuff, Claus Jönsson,
Stefanie Klamm, Benjamin Meyer-Krahmer, Alexander Minx, Sarah Sandfort,
Sigrid Schumacher, Ernst Seidl

Redaktionelle Mitarbeit

Thomas Beck, Frank Duerr, Ernst Seidl

Gestaltung

Frank Duerr, Thomas Beck

Fotografien

Valentin Marquardt und Fotografen der Sammlungen

Alle Rechte vorbehalten

© 2013 Universität Tübingen

ISBN: 973-3-9812736-6-3

Herausgegeben von
ERNST SEIDL
THOMAS BECK
FRANK DUERR

Wie Schönes Wissen schafft

Diese Publikation erscheint anlässlich der gleichnamigen Ausstellung
im Schloss Hohentübingen (19. April bis 1. September 2013)

Das vorbereitende Symposium „Ästhetik der Forschung – Ornamente des Wissens“
und den Katalog zur Ausstellung „Wie Schönes Wissen schafft“ finanzierte freundli-
cherweise die Erika-Völter-Stiftung Tübingen

Museum der Universität Tübingen MUT
www.unimuseum.de





INHALT

EINFÜHRUNG

- 15 Vorwort
 Bernd Engler
- 16 Wie Schönes Wissen schafft und Wissen Schönes schafft
 Ernst Seidl
- 24 Die Ausstellung als ästhetisches und rhetorisches Instrument der Wissensvermittlung
 Frank Duerr, Alexander Minx

EXPONATE DER AUSSTELLUNG

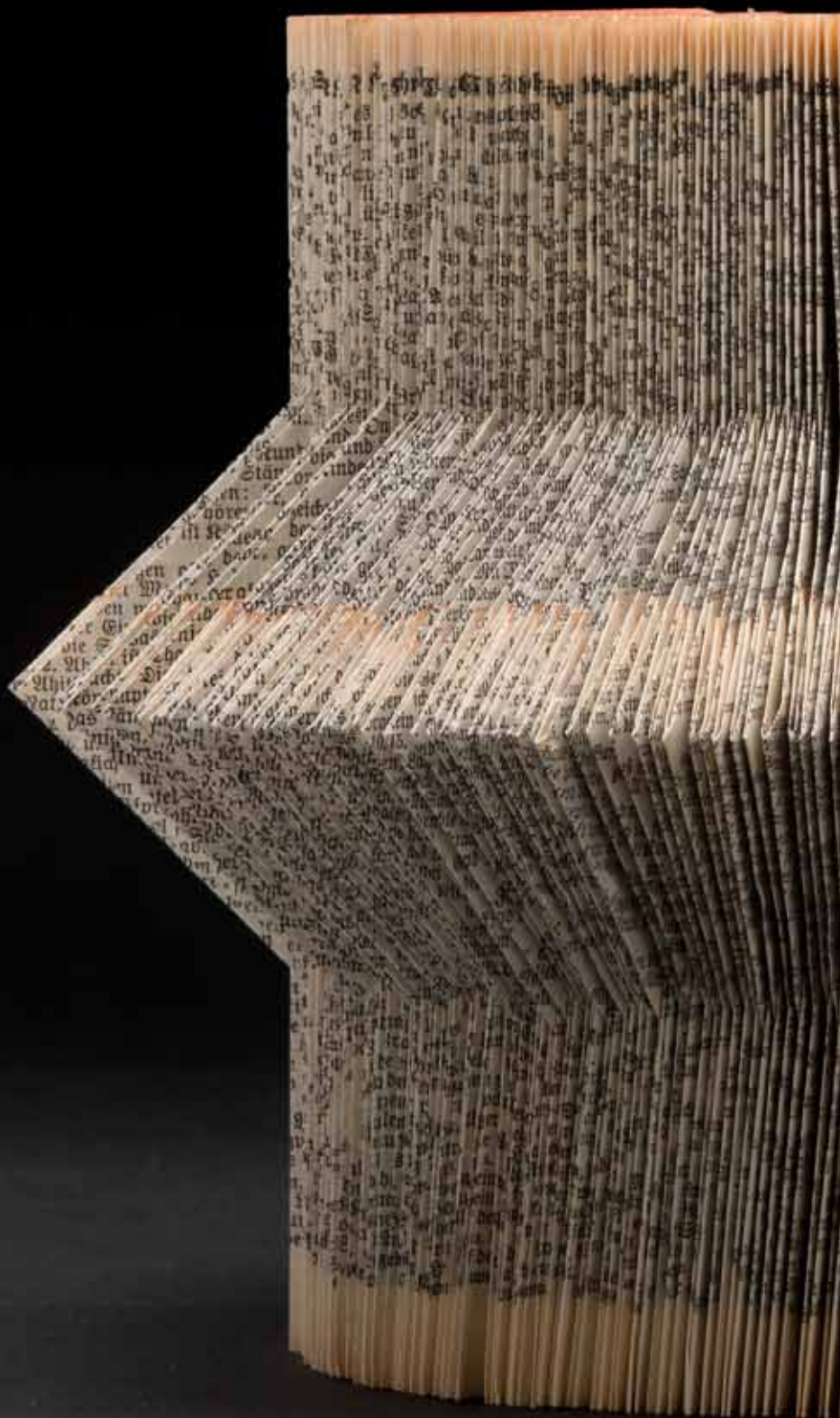
- 32 Schafft Schönes Wissen?
 Ernst Seidl
- 42 Alltag Wissenschaft
 Margret Hanf, Frank Duerr
- 46 Blick aufs Äußere
 Frank Duerr
- 68 Blick ins Innere
 Frank Duerr
- 96 Ideale Natur
 Thomas Beck
- 120 Bild schön
 Maria Coors
- 126 Schöne Theorie
 Maria Coors
- 140 Prinzip Darstellen
 Christian Bornefeld
- 176 Wissen schafft Schönes
 Sigrid Schumacher
- 196 Wissensobjekt / Schönes Tier
 Thomas Beck

BEITRÄGE

- 204 Tübingen und die Naturästhetik als Wissenschaftsprogramm im 19. Jahrhundert
Thomas Beck
- 208 Architektur für Forschung und ästhetisches Empfinden im wissenschaftlichen Arbeitsalltag
Daniel Grünkranz
- 214 Ausstellen des Abwesenden: Modelle und Rekonstruktionen in der Archäologie
Stefanie Klamm
- 220 Anatomie und Ornament
Axel Christoph Gampp
- 226 Zum Verhältnis von Schreiben und Zeichnen in der graphischen Praxis
von Charles Sanders Peirce
Benjamin Meyer-Krahmer
- 238 Das schönste physikalische Experiment: Elektroneninterferenzen am Doppelspalt
Claus Jönsson
- 244 Bildverarbeitung in der Medizin. Ästhetische Aspekte in der Tomographie
Sarah Sandfort
- 250 Die helle Kammer Uterus
Daniel Hornuff

ANHANG

- 258 Literatur
- 266 Abbildungsnachweis
- 267 Autoren
- 268 Dank
- 270 Förderer
- 271 Impressum





EIN
FÜHR
UNG

VORWORT

Wissenschaft kann zweifelsohne schön sein. Die Ästhetiken wissenschaftlicher Erkenntnis zeigen sich sowohl in natur- als auch in geisteswissenschaftlichen Disziplinen. Manchmal reicht ein kurzer Blick, um die den Dingen innewohnende Pracht zu erkennen, manchmal muss man sich jedoch länger mit Bildern und Objekten auseinandersetzen. Erst durch das Erforschen, Darstellen und Interpretieren von Substanzen, von Tieren, sprachlichen Strukturen, mathematischen Formeln und nicht zuletzt vom Menschen selbst tritt mitunter die Schönheit der untersuchten Gegenstände erst zutage. Wissenschaft ist somit eng verbunden mit ästhetischen Reizen, die nicht selten den Weg zum Wissen befördern. Schöne Dinge begleiten stets den Neugierigen und beeinflussen seine Arbeit. Ob als Ausgangspunkt für Forschung, als didaktisches Mittel oder als theoriebildendes Element: die Ästhetik der Dinge prägt das Bewusstsein. An Universitäten und Forschungsinstitutionen hinterlassen Forscher Spuren. Sie formulieren Texte, erstellen Diagramme, erzeugen Bilder, erforschen Relikte, konstruieren Modelle, erleben Arbeitsräume und schaffen wissenschaftsgeschichtliche Kontexte, deren inhärente ästhetische Qualitäten kaum jemals diskutiert und ins Zentrum gerückt, meist aber ganz missachtet werden. Insbesondere die disziplinär weit aufgefächerten Sammlungen der Universitäten verfügen hier über einen noch viel zu wenig

gesichteten Schatz. Erste Schritte sind bereits getan: Das Museum der Universität Tübingen MUT nimmt sich dieser Aufgabe nicht nur mit dieser Ausstellung an, sondern beginnt 2013 mit der professionellen Inventarisierung der Objekte in den 43 Sammlungen der Universität. Das Projekt „MAMMUT“ dient über die Universität Tübingen hinaus als nachhaltiges Vorbild für die Rettung, Erschließung und Erforschung von wissenschaftlichen Sammlungen. Zudem stärkt es als qualitätsorientierte Strukturmaßnahme das Profil der Universität Tübingen ebenso wie das Profil Baden-Württembergs als Land reicher Kultur und traditionsreicher Wissenschaft. „Wie Schönes Wissen schafft“ lautet daher der angemessene Titel des Jahresthemas des Museums der Universität Tübingen MUT.

Allen Besucherinnen und Besuchern wünsche ich viele schöne Momente der Erkenntnis in der Ausstellung!



Professor Dr. Bernd Engler
Rektor der Eberhard Karls Universität Tübingen

WIE SCHÖNES WISSEN SCHAFFT UND WISSEN SCHÖNES SCHAFFT

Ernst Seidl

Schon die entschiedene Aussage des Physikers Werner Heisenberg, wonach eine Theorie nicht wahr, sondern schön sein müsse, zeigt, wie sehr die wissenschaftliche Erkenntnis immer auch von der ästhetischen Affizierung des Betrachters abhängig ist.¹ Sie legt zudem die Vermutung nahe, dass nicht nur das Erkenntnisinteresse und auf ihm basierende Forschungsfragen, sondern sogar die Ergebnisse der Wissenschaft durch Kriterien des Schönen beeinflusst, wenn nicht gar bedingt sein könnten. Dies ist eine für die Wissenschaftspraxis durchaus beunruhigende These, da sie rein rationalistisch begründete Vorstellungen und Modelle des Erkenntnisgewinns in Frage stellt.

Allerdings wäre es ein Trugschluss zu glauben, diese enge Verknüpfung von Wissenschaft und Schönheit sei erst eine Erkenntnis der Moderne.² Denn bereits Platon wählte seine fünf geometrischen Körper, die platonischen, nicht zuletzt ihrer Symmetrien wegen zu den „schönsten“. Und auch deshalb vermutete er, dass alles auf der Welt auf sie zurückzuführen sei³ – ein früher Beleg, wonach die Wahrnehmung von Schönheit Erkenntnis zumindest beeinflusst, wenn nicht bestimmt. Die Verbindung von Schönheit und

Erkenntnis war nach Aristoteles noch wesentlich enger und stand sogar in einem direkten kausalen Verhältnis zueinander: Er war der Meinung, dass „jene im Irrtum [seien], welche behaupten, die mathematischen Wissenschaften handelten nicht von dem Schönen“⁴.

Interessant ist besonders, dass mit beginnender Neuzeit gerade die Astronomie ihre Beobachtungen – und damit ein völlig neues Weltbild – nicht selten über Kriterien des Schönen und Harmonischen begründet. So erklärt Nikolaus Kopernikus damit das heliozentrische Weltbild, Galileo Galilei legt die „bella struttura“ seiner Beweisführung zugrunde und Johannes Kepler seinen Berechnungen die mathematische Harmonie.⁵ Später rekurrten Leibniz, Kant oder Nietzsche auf die Verbindung von Wissenschaft einerseits sowie Kunst und Schönheit andererseits,⁶ so dass es wohl nicht wirklich einer Begründung der Existenz dieses Phänomens und einer Debatte darüber bedarf – weshalb sich auch die Disziplin der Wissenschaftsästhetik⁷ herausbilden konnte. Sehr wohl bedarf es allerdings immer wieder einer Debatte darüber, wie sich nun diese Verbindung und gegenseitige Beeinflussung nur scheinbar „vernünftiger“ und „emotionaler“

Sphären der menschlichen Erkenntnis im Einzelfall und anhand von Beispielen an Orten der Wissenschaft ausprägt.

ÄSTHETIK ALS MOTIVATION

Während der Vorbereitung und bei den Recherchen zur Ausstellung „Wie Schönes Wissen schafft“ erstaunte uns immer wieder, wie stark der eigene Forschungszweig bei Kolleginnen und Kollegen aller fachlichen Provenienz auch unter ästhetischen Aspekten betrachtet wird. Vor allem in Fächern, von denen man dies nicht auf Anhieb vermuten würde: Da werden wissenschaftliche Visualisierungen als Dekoration, wenn nicht Kunst, an die Wand gehängt; da werden Forschungsergebnisse mit atemberaubenden 3D-Aufnahmen präsentiert, die den Zuhörern jedoch nicht immer neuen Erkenntnisgewinn bringen, sondern vor allem für die Mittelakquise oder höchstens für eine Themeneinführung taugen. Doch genau das sind die Bereiche, die Wissenschaft auch benötigt: das Eigeninteresse, der Stolz auf die eigene Arbeit, die Präsentation zu Reputationszwecken und sei es nur die Freude am ästhetischen Empfinden – als *Movens* der Motivation.

Beinahe jede wissenschaftliche Erkenntnis könnte von ästhetischen Faktoren abhängen, sei es in der Mathematik, in der Atom- oder in der Astrophysik. Selbst in scheinbar hässlichen Angelegenheiten wie beispielsweise dem Kot von Tieren, lassen sich schöne Dinge finden, man muss nur mikroskopisch suchen. Das Ästhetische ist meist der Hypothese vorgeschaltet, denn es bestimmt die Art der Beobachtung. Schließt man für diese Erkenntnis nicht nur Wissenschaftler, sondern auch die Beobachtung und das damit einhergehende Interesse von Museumsbesuchern mit ein, lässt sich daraus ableiten, dass die Neigung, sich mit schönen Dingen zu beschäftigen, dem Menschen inhärent sind.

Aus all diesen Gründen widmet sich das Museum der Universität Tübingen MUT in seinem Jahresprojekt 2013 genau dem Problemfeld der Wechselwirkung von Objektästhetik und Forschungsergebnis. Dass sich das Thema explizit für eine Ausstellung, also ein Schauerlebnis,

eignet, liegt beim Themenkomplex „Schönheit“ sowie bei der außergewöhnlichen Vielzahl der Tübinger Sammlungen und den in ihren Objekten materialisierten Forschungsgeschichten auf der Hand.

Zu einer erfolgreichen Wissensvermittlung durch ein Ausstellungsprojekt gehört aber nicht nur das Exponieren der Objekte. Öffentlichkeitsarbeit, Pressekontakte, Werbung und persönliche Einladungen sind Bestandteil der angestrebten Wissensvermittlung. Wissen zu vermitteln geht nur, wenn Besucher die Ausstellung frequentieren. Zielgruppen zu aktivieren ist daher ein wichtiges Element der Museumsarbeit. Eine Vorlesungsreihe, Sonderveranstaltungen, Erwachsenenführungen und Kinderkurse sollen daher das Angebot dieses Ausstellungsthemas ergänzen.

FRAGEN

Die Schwerpunkte unserer Fragestellung und Grundlagen der Objektrecherche – neben der Ausgangsthese der Wechselwirkung von Objektästhetik und Erkenntnisgewinn – bildeten dabei eine ganze Reihe von Themenkomplexen unserer eigenen Diskussion während der Vorbereitung der Ausstellung: Dazu gehörten die grundlegenden Kategorien des Ästhetischen, wie das Hässliche, Erhabene, Schreckliche neben jener des Schönen, dazu zählen die ästhetischen Strukturen der wissenschaftlichen Arbeit als kontextuelle Bedingung des Forscheralltags, die ästhetischen Strukturen in der Hypothesen- und Theorienbildung, die Kategorien der Wahrnehmung von „Schönem“, wie Symmetrie, Ornament, Farbe, Materialqualität, Proportion, schließlich die epistemischen Implikationen der ästhetischen Wirkungskraft wissenschaftlicher Untersuchungsobjekte, die Visualisierungsmittel von Theorie und Erkenntnis und natürlich die Bedeutung des Ästhetischen bei visuellen Transformationen abstrakter oder unsichtbarer Gegenstände. Dass sich diese Fragen nicht letztgültig beantworten und belegen lassen, versteht sich von selbst. Sie jedoch ins Bewusstsein des Besuchers zu führen und über sie die Vielschichtigkeit der wechselseitigen Beeinflussung „des



Abb. 1: Alte Aula der Universität Tübingen

Schönen“ und „des Wahren“ zu verdeutlichen, war unser Ziel.

An Objekte, Materialien und Verbildlichungen, etwa in der Medizin, war dabei ebenso zu denken wie an Realien der Forschungspraxis, an Erscheinungen der Natur, filigrane Glaskonstruktionen als Modelle oder die ornamental anmutende Ordnung in Laborschränken. Zu denken war dabei aber auch – um das Panorama noch auszuweiten – an die abstrakten Farbmosaik endloser Buchrücken in den Bibliotheken, an die darin gespeicherten Textstrukturen oder aber an symmetrische oder wohlproportionierte Raumdispositionen von Forschungsgehäusen.⁸ All diese Problemfelder gaben dann zu großen Teilen auch die Abteilungen der Ausstellung vor, wie sie in diesem Band dokumentiert wird.

Startschuss und Grundlegung für das Thema war das zweitägige Symposium „Ästhetik der Forschung – Ornamente des Wissens“ des MUT im Sommer 2012, genauer am 22. und 23. Juni, in der neu renovierten Alten Aula der Universität (Abb. 1). Die dankenswerterweise von der Erika-Völter-Stiftung finanzierte Tagung bereitete diese Ausstellung des MUT im Sommer 2013 vor und fragte aus sehr heterogenen Perspektiven nach der Wirkungsmacht von Kategorien des Schönen in den Wissenschaften. Die Beiträge des Symposions sind dieser Publikation beigelegt.

Die zunächst nur scherzhaft gestellte Frage eines Zuhörers des Symposions, ob denn die „schöne“ Umgebung des Symposions in der Alten Aula sich auch auf die Qualität der Erkenntnisse der Tagung auswirke, gewann mit zunehmender

Diskussion an Relevanz: Denn erscheint es nicht erstaunlich, dass gerade in „schönen“, sehr angenehmen, wenn nicht gar idyllischen Universitätsorten sehr oft die erfolgreichste Forschung angesiedelt ist? Eine interessante Vermutung, die schwer empirisch zu belegen ist, aber zumindest die Frage nach der Relevanz des räumlichen Forschungskontextes stellt – was sich dann prompt in der ersten Installation der Ausstellung niederschlug.

Hier spiegelt sich dann direkt eine Verbindung zur anfangs skizzierten Geistesgeschichte der Verknüpfung von Ästhetik der Umgebung und dem Befinden des Menschen, mithin auch der Motivation des Forschers: Im Jahr 1968 erschien Jean Baudrillards Werk „Le système des objets“. Darin diskutiert der französische Theoretiker der Postmoderne die Beziehung des Menschen zu den ihn umgebenden alltäglichen Objekten. Dass wir Dinge bewundern, besitzen und verstehen wollen, verrät unser Verhältnis zum Außen und auch etwas über unser Unterbewusstes, unsere Träume und unsere Sehnsüchte – mithin auch einiges über den Antrieb des Forschers, sich fragend seiner Umgebung zu nähern.⁹

Das die Ausstellung nun begleitende Katalogbuch will ebenfalls die nur scheinbare Distanz zwischen Wissenschaft und Ästhetik überbrücken – es fragt anhand zahlreicher Objekte aus den Sammlungen der Universität Tübingen und den begleitenden Textbeiträgen nach der Wechselwirkung beider menschlichen Erfahrungshorizonte.

Wie auch schon bei den bisherigen Jahresthemen des Museums der Universität Tübingen MUT, möchte das Projekt andere Perspektiven auf die Exponate eröffnen, als die fachspezifischen und den Dialog zwischen wissenschaftsgeschichtlicher und metadisziplinärer Forschung einerseits sowie zwischen den natur- und geisteswissenschaftlichen Einzeldisziplinen andererseits befördern und die gewonnenen Einblicke und Erkenntnisse an die Öffentlichkeit tragen. Neben dem Katalog, der eine Auswahl der reflektierenden Beiträge des Symposions enthält, begleitet ein umfangreiches Rahmenprogramm mit einer Studium-Generale-Vorlesungsreihe und Sonderführungen sowie pädagogischen Veranstaltungen die Ausstellung.

DANK

Dass dieses auch für die Besucher anspruchsvolle Jahresprojekt des MUT überhaupt auf die Beine gestellt werden konnte, das verdanken wir zahlreichen Unterstützern, Partnern und Helfern: Neben den Rednerinnen und Rednern des vorbereitenden Symposions und des begleitenden Studium-Generale-Vorlesungsprogramms sind dies natürlich die Autorinnen und Autoren des Katalogbuchs, die Museumsmitarbeiter und -Pädagogen sowie nicht zuletzt die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des MUT, die weit über ihre Dienstzeit hinaus auch an Wochenenden und Abenden „geschafft“ haben. Besonders zu erwähnen sind hier ganz unabhängig von ihrer Funktion sicherlich Sigrid Schumacher, Maria Coors, Margret Hanf, Sabrina Koch, Sönmez Alemdar, Thomas Beck, Christian Bornefeld und Frank Duerr.

Zu danken ist darüber hinaus selbstverständlich auch den externen Leihgebern, insbesondere dem Museum Kunst der Westküste in Alkersum auf der Insel Föhr sowie Frank Heidtmann in Berlin.

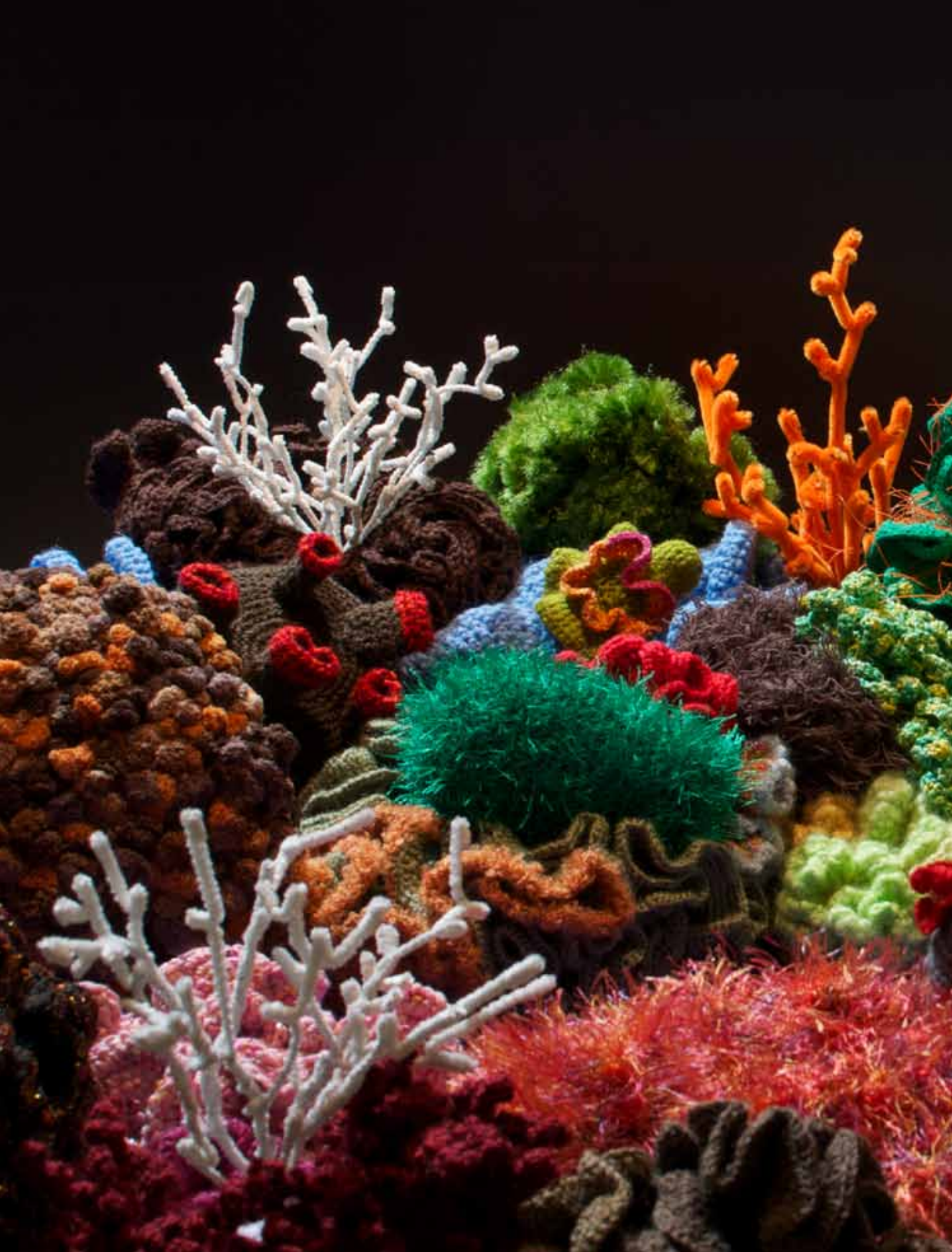
Den Kustoden der verschiedenen leihgebenden Fachsammlungen an den Instituten der Universität sowie den helfenden Restauratoren gilt ein besonderer Dank für Ihre vielfältige Unterstützung und Geduld bei der Recherche und Beratung zu den Objekten.

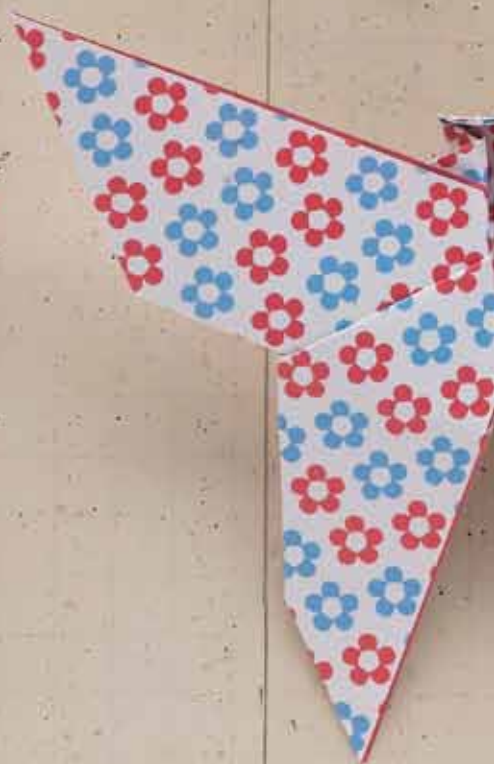
Ohne das wirklich professionelle Gestaltungsteam um Alexander Minx und Sarah Klocke vom Stuttgarter Büro Space4, das gerade im Bereich der Wissenschaftsausstellung mittlerweile einen hervorragenden Ruf genießt, hätten wir uns kaum an die Umsetzung unter dem enormen Zeitdruck wagen können.

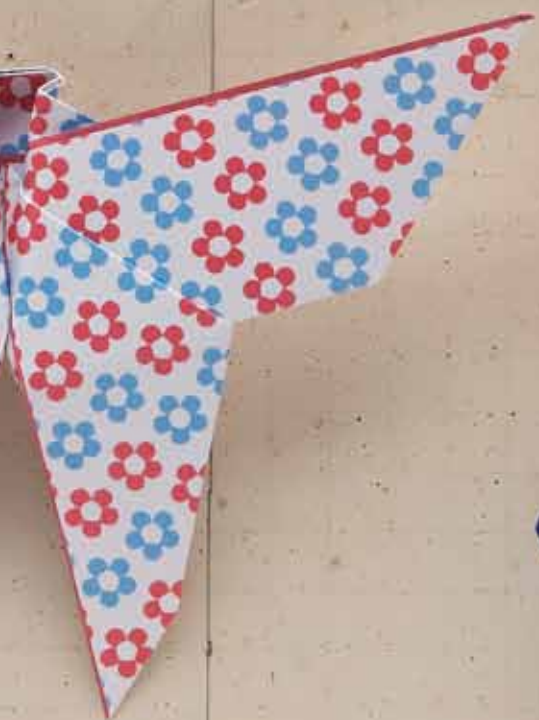
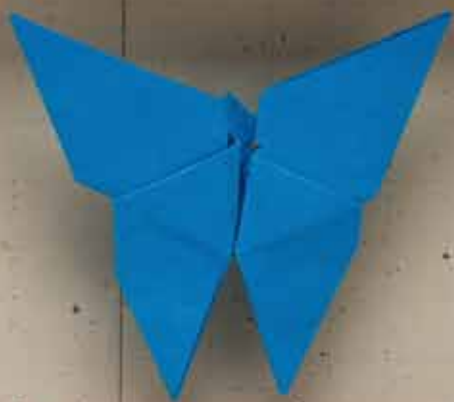
Nicht zuletzt die finanzielle Hilfe, die wir immer wieder erfahren, ermutigt uns solche Projekte zu planen: Zu unseren großzügigen Unterstützern zählen insbesondere Erika Völter und ihre Stiftung, die zu den treuesten Stützen des MUT zählt und das Symposion für das Jahresprojekt im Jahr 2012 sowie die Finanzierung des Ausstellungskatalogs übernommen hat. Zu unseren weiteren Projektpartnern gehören die Stadtwerke Tübingen swt, worüber wir uns sehr freuen, und nicht zuletzt die Vereinigung der Freunde

der Universität Tübingen/Universitätsbund e.V.
– unser Rückhalt an der Universität. Dr. Nicola
Leibinger-Kammüller und mit ihr die Berthold
Leibinger Stiftung GmbH unterstützte durch eine
Spende, dass das wirklich spektakuläre Objekt
des „Föhr Reefs“ nach Tübingen geholt werden
konnte. Darüber freuen wir uns besonders.
Allen Mitarbeitern, Helfern und Förderern des
MUT und unseres „schönen“ Projekts sagen wir
deshalb ein herzliches Dankeschön.

- 1 So Werner Heisenberg bei einem Vortrag vor der Bayerischen Akademie der Schönen Künste, München, 1970. Werner Heisenberg: Die Bedeutung des Schönen in der exakten Naturwissenschaft, in: Ders.: Schritte über Grenzen. Gesammelte Reden und Aufsätze, München 1971, S. 288–305; Wiederabdruck in: Klaus Piper (Hg.): Lust am Denken, München 1981, S. 67–84. Auf ähnliche Weise äußerten sich etwa auch der Physiker Paul Dirac (1902–1984) und der Mathematiker Roger Penrose (*1931).
- 2 Zum Verhältnis von Ästhetik und Wissenschaft mit einer kurzen Geschichte der Beziehung beider Bereiche menschlicher Erkenntnis vgl. Holger Wille: Art. „Wissenschaft, Schönheit der“, in: Joachim Ritter et al. (Hg.): Historisches Wörterbuch der Philosophie, Bd. 12, Basel 2004, Sp. 952–954.
- 3 Platon: Timaios, 53c–55c. Pythagoras verband aufgrund einer von ihm erkannten Harmonie die Entfernungen der Himmelskörper, Musikintervalle und Rationalen Zahlen miteinander. Wille 2004, Sp. 953.
- 4 Aristoteles: Metaphysik, XIII, 3, 1078 a 33f.
- 5 Nikolaus Kopernikus: De revolutionibus orbium coelestium, I, c. 10 (1543), in: Hans Günter Zekl (Hg.): Das neue Weltbild. Drei Texte, Hamburg 1990, S. 125–139, sowie Johannes Kepler: Harmonice Mundi (1619), in: Gesammelte Werke (hg. Max Caspar), München 1940, Bd. 6.
- 6 Weiterhin dazu: Wille 2004, Sp. 953.
- 7 Vgl. etwa die Ausstellung der Max-Planck-Gesellschaft zu den Bildern der Wissenschaft: http://www.mpg.de/bilder_wissenschaft (27.2.2013).
- 8 Eine Forschergruppe, die in den letzten Jahren entscheidende Fortschritte im Bereich des Verständnisses – und damit auch des ästhetischen Wirkungsgrades – der Bilder von Wissenschaften beigetragen hat, ist die im Jahr 2000 von Horst Bredekamp gegründete Abteilung „Das Technische Bild“ des Hermann von Helmholtz-Zentrums für Kulturtechnik an der Humboldt-Universität zu Berlin. Vgl. dazu insbesondere die seit 2003 von Horst Bredekamp, Matthias Bruhn und Gabriele Werner herausgegebene Publikationsreihe „Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik“ sowie: Horst Bredekamp, Birgit Schneider, Vera Dünkel (Hg.): Das Technische Bild. Kompendium zu einer Stilgeschichte wissenschaftlicher Bilder, Berlin 2008.
- 9 Jean Baudrillard: Le système des objets, Paris 1968 (dt.: Das System der Dinge. Über unser Verhältnis zu den alltäglichen Gegenständen, Frankfurt am Main 1991).







AUSSTELLUNG ALS ÄSTHETISCHES UND RHETORISCHES INSTRUMENT DER WISSENS-VERMITTLUNG

Frank Duerr und Alexander Minx

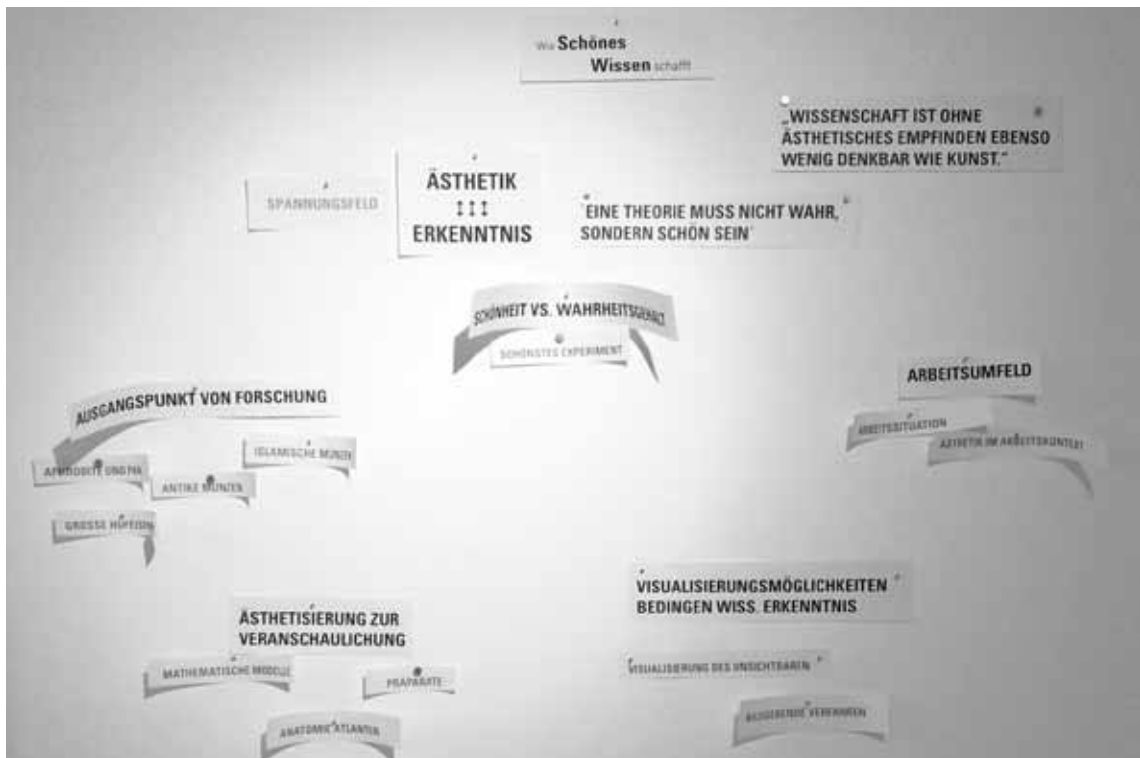
In Ausstellungen werden ausgesuchte Gegenstände gezeigt, meist originelle, kostbare, hübsche oder außergewöhnliche. Schöne Dinge haben ihren Reiz, denn sie sind ansprechend, angenehm, formvollendet oder faszinierend. Die Beschäftigung mit der Ästhetik innerhalb der eigenen Forschung wird nicht immer reflektiert, jedoch zeigen die Recherchen zur Ausstellung „Wie Schönes Wissen schafft“, wie sehr der eigene Forschungszweig bei Kolleginnen und Kollegen aller Couleur als ein Feld schöner Dinge wahrgenommen wird.

Lehnt man sich zu weit aus dem Fenster, wenn man die Hypothese aufstellen würde, dass jede wissenschaftliche Erkenntnis von ästhetischen Faktoren abhängt? Das Ästhetische könnte zumindest der wissenschaftlichen Hypothese vorgeschaltet sein, denn es bestimmt die Art der Beobachtung.¹ Wissenschaft wäre demnach ohne ästhetisches Empfinden ebenso wenig denkbar wie Kunst. Wir sollten deshalb, statt einzelne ästhetische Aspekte in der Wissenschaft zu suchen, den umgekehrten Weg gehen und die gesamte Wissenschaft als einen Spezialaspekt der Erkenntnisästhetik behandeln.² 2011 nahm sich das Museum der Universität

Tübingen dieser Perspektive an. Museumsleiter Ernst Seidl kam die Idee zu einer Ausstellung, die nicht einfach nur schöne Dinge – denn das gab es bereits zuhauf – sondern Objekte aus den universitären Sammlungen präsentiert, die aufgrund ihrer schönen Erscheinung das Verlangen nach Wissen befördern und somit als Ausgangspunkt der Forschungsarbeit dienen.

DAS KONZEPT

Im Laufe der Recherchearbeit des gesamten MUT-Teams stieß man auf diverse Objekte und spannende Themenbereiche: schöne Theorien, Lesbarkeiten der Natur, ideale Ordnungssysteme und wissenschaftliche Darstellungsformen. Trotz oder gerade wegen dieser Dinge, die mit Schönheit in Verbindung stehen, zeigte sich die Beschäftigung mit Ästhetik erwartungsgemäß als eine große Herausforderung. Immer wieder ließ man sich hinreißen vom ästhetischen Reiz eines besonderen Stückes und hätte es gerne in der Ausstellung gezeigt, doch die Vereinbarkeit mit der Bedingung, dass sich wissenschaftliche Erkenntnis und Objektästhetik gegenseitig



Erste (An-)Ordnungsversuche der komplexen thematischen Bezüge

beeinflussen, war nicht immer gegeben. Demnach war die Suche nach Objekten, die für dieses Thema infrage kommen, und die Analyse, welcher ästhetische und wissenschaftliche Sinn in jedem einzelnen steckt, eine echte intellektuelle Herausforderung. Dabei galt es nicht nur wissenschaftlich korrekt zu bleiben – und das bei einem kaum greifbaren Phänomen wie der Ästhetik – und gleichzeitig klar und angemessen die Themenbereiche zu vereinfachen und zu betiteln, um dem Besucher einen Zugang zu ermöglichen. Dabei waren drei Punkte wesentlich:

1. Objekte sind das konzeptionelle Zentrum einer Ausstellung. Sie sind nicht nur Begleitscheinung einer Erzählstruktur.
2. Nur aussagekräftige und ansprechende Objekte werden gezeigt, es darf und muss eine klare Auswahl stattfinden.

3. Die semantischen Ebenen der Objekte dürfen nicht vermischt werden, auch wenn ein Objekt in mehrere Kategorien einzuordnen wäre, alles andere wäre für Besucher nicht nachvollziehbar.

4. Die Präsentation von Objekten und Sachverhalten muss an Vorwissen und an die Erfahrung der Besucher anknüpfen und darf sich nicht in theoretischer Verwirrung verlieren.³

Die Ausstellungsabteilungen formierten sich aufgrund dieser Vorgaben erst sehr spät und so verzögerte sich das Festlegen der Exponate um Monate. Das letzte Objekt, ein echter Schimmelpilz im Glas, wurde sechs Wochen vor Ausstellungsbeginn in die Objektliste eingetragen. Selbst drei Wochen vor Eröffnung mussten noch Objektideen abgelehnt werden. Es ist nicht einfach, in einer Ausstellung nicht nur schöne Dinge zu präsentieren, sondern relevante Themenkomplexe zu bilden und die Präsentation einheitlich zu formen. So könnte man meinen,



Modell und Pläne des Rittersaals

dass die Ausstellung „Wie Schönes Wissen schafft“ diese Potenzierung von Ästhetik auf die Spitze getrieben hat: schöne Dinge werden schön präsentiert im Rahmen der Schönheit, die auch noch Wissen schafft. Das muss ein Besucher erst einmal verstehen.

DIE INSZENIERUNG

Eine Ausstellung und damit die Schau von Dingen und Ereignissen sind verbunden mit hoch komplexen Vorgängen und kreativen Herausforderungen. Ein Ausstellungsprojekt bringt eine Vielzahl an Arbeitsschritten mit sich: Themenfindung, Objektauswahl, Gestaltung, Vermittlung, Management, Finanzierung und Öffentlichkeitsarbeit sind nur die groben Felder des Ausstellungenmachens. Die Szenografie wird dabei ein immer wertvollerer Bestandteil von Ausstellungsprojekten. Nicht nur das „nackte“ Objekt reicht aus, um eine gute Ausstellung zu

machen, es zählen ebenso die inszenatorischen Mittel. Raum und Wahrnehmung, Einbau und Effekt, Licht und Leitkommunikation, Display und Didaktik, Ton und Topos sind wichtige Aspekte der Besucherbefriedigung. Das Publikum erwartet ein Erlebnisort, in dem es nicht nur Kulturgut vorgeführt bekommt, sondern fasziniert, angeregt und überrascht wird. Dabei soll der Besucher nicht gelangweilt oder überfordert werden. Er soll nicht „aktiv dösen“, sondern Neugier entwickeln und auch etwas dazulernen können.⁴

Die Inszenierung ist eng mit dem Theater verbunden und wurde bereits Ende des 19. Jahrhunderts als ein wichtiges Ausstellungsgut erkannt.⁵ In den 1920er Jahren wurde unter künstlerischer Verwendung neuester Medien und experimenteller Raumbilder die Ausstellungsgestaltung auf eine höhere Stufe gehoben. El Lissitzky prägte diese neue Art der Präsentation und zielte auf die Aktivierung des Betrachters.⁶ Heute stehen nicht nur eine sorgsame

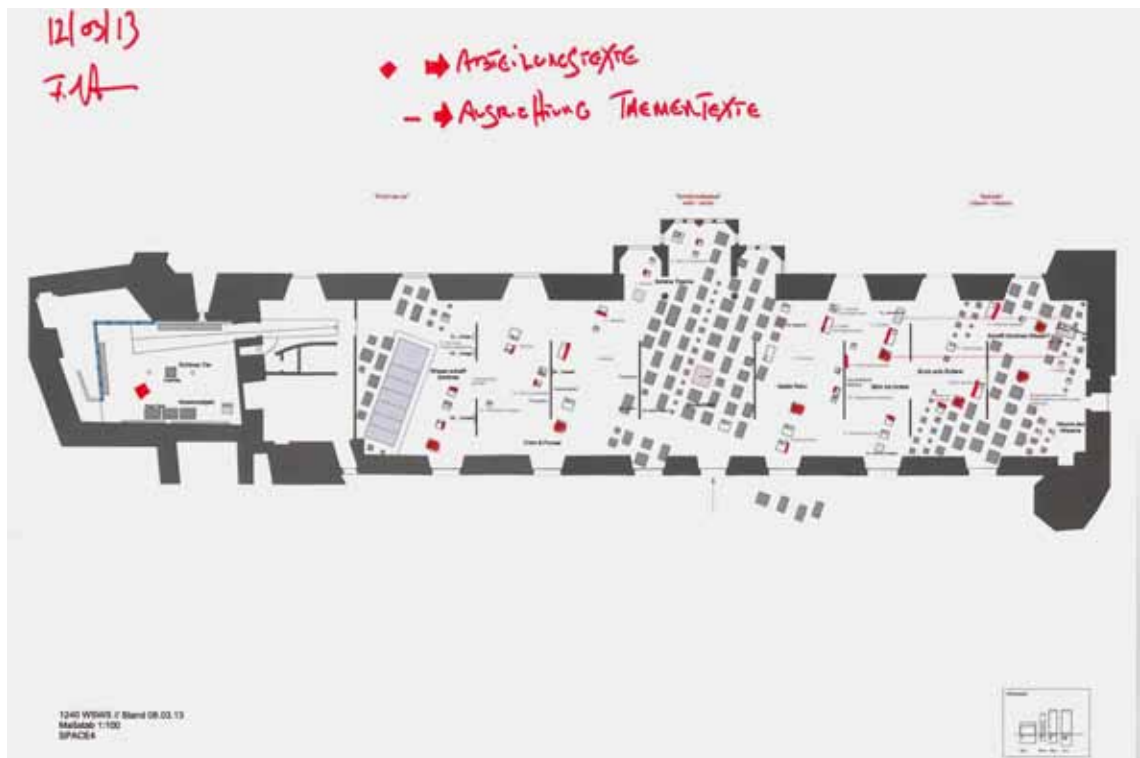


Modell des Rittersaals mit Vitrinenpositionierungen und Abteilungsfarbmuster

Zusammenstellung der Objekte, sondern auch zielgerichteter Medieneinsatz, dramaturgische Architektur und Berücksichtigung von Ruhe-zonen für eine perfekte Ausstellung. Visuelle Hilfsmittel, Hands-on-Objekte, thematische Arrangements, Touch-Screens, farbige Leitkommunikation, interaktive Spiele, Sitz- und Hörstationen sind nur ein Bruchteil der potentiellen Instrumente der Szenografie. Dabei nehmen mediale Einsätze aller Art rapide zu.⁷ Um sich diesen inszenatorischen Problemen professionell zu widmen, um Inhalt und Form in der vorgegebenen Zeit mit bestimmten Qualitätsstandards im konkreten Projekt zu realisieren, holte sich das MUT die Ausstellungsmacher von SPACE4 ins Boot. Das Stuttgarter Gestaltungsbüro konnte bereits unterschiedliche Wissenschaftsausstellungen wie die Jubiläumsausstellung der Humboldt-Universität „Welt-Wissen – 300 Jahre Wissenschaften in Berlin“ 2010 oder die Ausstellung „Dinge des Wissens“ der Georg-August-Universität Göttingen 2012

realisieren. Den Auftakt bildete jedoch die Ausstellung „38 Dinge“ mit Schätzen aus den Natur- und Kulturwissenschaftlichen Sammlungen der Universität Tübingen im Jahr 2006, die gewissermaßen den gedanklichen Grundstein des späteren MUT legte. So sind einige der auszustellenden Objekte wie das Mondgemälde von Julius Grimm, der Streifenkiwi oder die filigranen Glasmodelle von Leopold und Rudolf Blaschka quasi alte Bekannte, die einem nun in neuen Räumen und mit anderem inhaltlichen Fokus wieder begegnen.

Die Ausstellungsgestaltung sollte als Instrument fungieren, um Informationen nachvollziehbar zu machen, Interesse an Neuem zu wecken und die Rezeption angenehm zu machen. Dafür bedient man sich gerne zweier wichtiger Felder, zweier großer Kategorien des menschlichen Lebens: Ästhetik und Rhetorik. Die Präsentation sollte also schön, aber auch überzeugend sein. Schöne Darstellung und strategische Kommunikation werden somit eng verknüpft. Ästhetik und



Plan des Rittersaals mit skizzierter Vitrinenausrichtung

Rhetorik leiten das Konzept und die Vorstellung wie die Objekte und das Narrativ zu präsentieren sind. Die Objekte sollten inszeniert werden, nicht aber in Gimmicks untergehen. Die Rhetorik steckt nicht nur in der überzeugenden Präsentation, sondern vor allem im Kerngebiet der strategischen Kommunikation: der Schrifttexte. Angemessenheit, Kürze, Deutlichkeit und eine erzählerische Leitlinie sind wichtige Bedingungen der qualitativen Textarbeit. So bleibt die Ausstellung ein Schauort und kein begebares Buch. In Kombination mit einer sinnvollen Inszenierung ermöglichen Objekt-, Themen- und Abteilungstexte dem Besucher einen leichten Zugang zum Inhalt der Ausstellung. Denn Ausstellungen sind räumliche Ereignisse, sie geben den Inhalten eine Form. Der Besucher erlebt die Objekte in Abhängigkeit von der konkreten räumlichen Situation – der Sinnzusammenhang der Exponate ergibt sich aus der Inszenierung, der Anordnung der Objekte zueinander und der Bewegung des Besuchers im Raum. Klare Raumbilder strukturi-

rieren die Informationen, schaffen Orientierung und erzeugen Erinnerungsräume. Ziel muss es also sein, die räumliche und inhaltliche Struktur – nur so wird eine Ausstellung für den Besucher zu einem nachvollziehbaren Erlebnis – in Einklang zu bringen. In aller Regel sind die Ausstellungsräume vorgegeben, es gilt jedoch ihr Potential zu begreifen und optimal zu nutzen.

DIE HERAUSFORDERUNG

Das Drehbuch der Ausstellung kann die Wirkung des Raums bewusst nutzen, konterkarieren oder persiflieren. Bei „Wie Schönes Wissen schafft“ sind architektonische, technische und leitkommunikative Grenzen im Ausstellungsraum „Rittersaal“ deutlich sichtbar: Fensternischen, Bewegungsmelder, feste Zwischenwände, der enorme Lichteinfall und die Vielzahl an Skulpturen sind nur partiell unterdrückbare Faktoren, die die Szenografie stark beeinflussen. Auch

inhaltlich gilt es stets zu überlegen, die Figuren der klassischen Archäologie einzubinden und diese nicht krampfhaft verschwinden zu lassen. Eine konsequente Entscheidung für die dauerhafte Leerung dieses Raumes und einer stetigen Nutzung als Fläche für große Sonderausstellungen ist zu überlegen, doch kurz- und mittelfristig werden Kompromisse stets neu auszuloten sein. Die Herausforderung bei der Gestaltung der Ausstellung „Wie Schönes Wissen schafft“ lag nicht nur in der erwähnten Komplexität des Themas oder im knappen Budget- und Zeitrahmen für die Umsetzung, sondern auch in den oben beschriebenen Einschränkungen und Zwängen des zur Verfügung stehenden Ausstellungsraumes. Die Ausstellungsgestaltung versucht nicht, mit diesen Zwängen zu leben, sondern arbeitet aktiv mit ihnen. So wird das ohnehin Vorhandene zum wesentlichen Mittel der Gestaltung: die Stellwände, die den Raum unterteilen und die Abgüsse antiker Skulpturen die den Raum visuell dominieren. Die vorhandenen flexibel erscheinenden, tatsächlich jedoch fest verbauten Stellwände gliedern den Raum in acht Abschnitte, die den acht inhaltlichen Kapiteln der Ausstellung entsprechen. Diese erste Struktur wird aktiv durch eine zweite Struktur gebrochen. Die Gipskulpturen der Abgusssammlung werden zu drei dicht gestellten Feldern gruppiert, die eine visuelle Verbindung durch den Raum erzeugen. Da die Gipse leicht aus der Raumachse gedreht sind, sind Sie für den Besucher als eigenständige Struktur im Raum erlebbar. Die Skulpturen, die immer auch für das Schönheitsideal ihrer Zeit stehen, werden so zu einem wichtigen Element in einer Ausstellung, deren Kern die Ästhetik ist. Es entsteht ein Rhythmus zwischen Momenten der Dichte in den Skulpturenfeldern und den Zwischenzonen mit ihrer offenen Wegeführung und vereinzelter Vitrinengruppen. Die Ausstellung setzt das scheinbar Bekannte in ein neues Licht und einen neuen Kontext. Um für den Besucher eine leicht dekodierbare Sprache zu finden, werden alle Ausstellungsobjekte durch eine farbliche Gestaltung der Vitrinen und Sockel hervorgehoben und aus der Masse der anderen Skulpturen herausgelöst. Die leuchtenden Farben und die plakative Grafik ziehen den Blick des Besuchers auf sich. Schlagworte machen neu-

gierig, stellen Fragen und bieten dem Besucher einen schnellen Einstieg in die verschiedenen thematischen Aspekte.

Eine weitere Herausforderung stellt der Weg in den Rittersaal dar. Der architektonisch prominente direkte Eingang vom Innenhof in den Rittersaal bleibt gewöhnlich verschlossen, der eher unscheinbare Museumseingang ist hingegen leicht zu übersehen. Zudem müssen die Ausstellungsbesucher die gesamte Dauerausstellung durchqueren, bevor Sie im Wechselausstellungsbereich ankommen. Die Gestaltung spielt mit diesen beiden möglichen Zugängen in den Rittersaal. Das Ausstellungserlebnis beginnt so bereits im Innenhof des Schlosses und spiegelt die unterschiedlichen Zugänge zum Thema, die in der erhofften Zweideutigkeit des Ausstellungstitels angelegt sind: „Wie Schönes Wissen schafft“ / „Wie Wissen Schönes schafft“.

1 Gábor Paál: Was ist schön? Ästhetik und Erkenntnis, Würzburg 2003, S. 156.

2 Randolph Menzel: Ästhetik als Mittel der Erkenntnis, in: Horst Bredekamp, Matthias Bruhn, Gabriele Werner (Hg.): Ikonografie des Gehirns, Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik, Bd. 6,1, Berlin 2008, S. 12.

3 Philipp Aumann, Frank Duerr: Ausstellungen machen, Stuttgart 2013, S. 54–55.

4 Gerhard Kilger: Raumbildung und Publikumserwartung, in: Ders. (Hg.): Szenografie in Ausstellungen und Museen V. Raum und Wahrnehmung – Bewegte Räume, Essen 2011, S. 111.

5 Thomas Thiemeyer: Inszenierung und Szenografie. Auf den Spuren eines Grundbegriffs des Museums und seines Herausforderers, in: Zeitschrift für Volkskunde, Heft 2 (2012), S. 200.

6 Anke te Heesen: Theorien des Museums zur Einführung, Hamburg 2012, S. 125–128.

7 Stephan Schwan, Helmuth Trischler, Manfred Prenzel: Die Rolle von Medien für die Resituierung von Exponaten. Mitteilungen und Berichte aus dem Institut für Museumsforschung, Bd. 38, Berlin 2006.

EXPO
NATE

SCHAFFT
SCHÖNES
WISSEN?

Ernst Seidl

Ganz sicher können nicht alle Objekte der Wissenschaft als „schön“ bezeichnet werden. Denn das ästhetische Wahrnehmungsvermögen des Menschen kennt auch völlig entgegengesetzte Kategorien: Neben dem Schönen sind das auch das Hässliche, das Schreckliche, das Erhabene oder gar das Komische. Die Wahrnehmung im wissenschaftlichen Alltag zeigt Beispiele aus nahezu allen Bereichen. Die besondere Faszination aber, die durch das Schöne ausgelöst wird, beeinflusst den Forscherdrang auf eine ebenso subtile wie unwiderstehliche, auf jeden Fall hoch motivierende Weise. Damit fördert der ästhetische Reiz eines Objekts seine eigene Erforschung.



GIPSABGUSS DES APOLLS VOM BELVEDERE

1836 | nach der römischen Marmorkopie um 100 n. Chr.
Abguss-Sammlung der Klassischen Archäologie

Bis in die Moderne galt der um 1470 südlich von Rom entdeckte römische Marmor nach einer griechischen Bronze aus der Zeit um 350 v. Chr. als schönste antike Skulptur. Das Standbild diente selbst Dürer und Michelangelo als Vorbild, beeinflusste die klassizistische Kunsttheorie und war Ansporn für die archäologische Forschung.



BELEG-EXEMPLAR EINES SCHLANGENADLERS

Zoologische Sammlung

Nicht ohne Grund ist der erhaben wirkende Adler eines der häufigsten Wappentiere: der majestätische Flug des mächtigen Tieres galt dem Menschen seit je als unerreichbar. Dieser Schlangenadler verunglückte beim Vogelzug an einer Überlandleitung auf der Schwäbischen Alb.



NASSPRÄPARAT EINES KLEINEN NILKROKODILS

Zoologische Sammlung

Hässlichkeit als Kategorie der Ästhetik wurde im 19. Jahrhundert gerne am Beispiel der Reptilien veranschaulicht. Dieses Nasspräparat demonstriert, dass auch die Art der wissenschaftlichen Konservierung die ästhetische Wirkung eines Naturobjekts erheblich verändern kann.



**WACHS-MOULAGE EINER „GUMMA“
BEI EINER SYPHILIS-ERKRANKUNG**

um 1950 | Elsbeth Stoiber
Moulagensammlung

Das Schreckliche, wie es dieses fortgeschrittene Stadium der Lues-Erkrankung zeigt, birgt für den Betrachter eine ekelerregende und beängstigende Vorstellung. Aber für die Medizin ist meist gerade das Gegenteil des Schönen ein Antrieb zur Forschung.





SCHÖNE SCHIEFLAGE

Um 1400 entwickelte der Historiker Ibn Khaldun eine Theorie von Aufstieg, Blüte und Dekadenz der arabischen Dynastien, die in der Forschung des 19. und 20. Jahrhunderts übernommen wurde. Dem Interesse an „formativen Phasen“ stand ein Desinteresse am Abstieg gegenüber. Ein Teil der historischen islamischen Münzen erscheint hässlich. Die Stempel sind nachlässig geschnitten, Prägungen gar nicht voll zu sehen. Dabei gerät aus dem Blick, dass diese Münzen umso genauer in Gewicht und Feingehalt sind. So kam es zu zahlreichen Fehldatierungen: Schöne Münzen wurden Aufstiegs- oder Blütephasen zugeordnet und erforscht, hässliche Münzen dagegen als Bestätigung des Abstiegs gesehen und oft gar nicht in Sammlungen aufgenommen. So nahm die Ästhetik der Münzen Einfluss auf ihre wissenschaftliche Erforschung und trug zu einem schiefen Geschichtsbild bei.



MÜNZE AUS DEM ISLAMISCHEN KULTURKREIS

2. Hälfte des 15. Jahrhunderts

Münzsammlung der Islamischen Numismatik

Ob eine Münze das Interesse des Forschers weckt, liegt nicht immer an ihrer Seltenheit oder Kostbarkeit. Häufig war die subjektive Empfindung von Hässlichkeit dafür ausschlaggebend, dass bedeutende Münzen erst spät erforscht wurden.



BLUMENVASE AUS GRANATENHÜLSE DES ERSTEN WELTKRIEGS

Umgestaltung um 1920

Sammlung der Empirischen Kulturwissenschaft

Die nachträgliche „Verschönerung“ dieser erschreckenden und todbringenden Waffe durch Liliendekor verdeutlicht das Spannungsfeld, in dem diese Form der Alltagsästhetik gesehen wird. Es macht die Vase vor allem zu einem Objekt der Forschung für die Empirische Kulturwissenschaft.

ALLTAG WISSEN- SCHAFT

Margret Hanf, Frank Duerr

Wie bewegen sich Wissenschaftler an ihrem Arbeitsplatz? Herrscht in der kreativen Arbeit Ordnung oder Chaos? Welche Auswirkungen hat die Atmosphäre eines Büros oder eines Labors auf die Forschungspraxis?

Da wissenschaftliche Tätigkeiten meist in spezifischen Räumlichkeiten stattfinden, beeinflusst die Ästhetik der Architektur und des Interieurs auch die Arbeit der Forscher. Möbel, technische Geräte, Schreibtische, Lichtverhältnisse sind Teil der Bewegungsabläufe des Alltags. Um diese Interaktion zwischen Wissenschaftler, Raum und Gerätschaften sichtbar zu machen, wurde in verschiedenen Fachbereichen der Universität Tübingen jeweils einen Tag lang eine Kamera aufgestellt. Das „Überwachungskamera-Experiment“ zeigt Bewegungsraum als Kommunikation zwischen den menschlichen und dinglichen Akteuren und offenbart dabei die ästhetische Struktur des Alltäglichen.



Klinisches Forschungslabor, Calwerstraße, 12:00 Uhr



Molekularbiologie, Auf der Morgenstelle, 14:00 Uhr



Blended Library Projekt, Universitätsbibliothek, 12:00 Uhr



Skandinavistik, Brechtbau, 11:00 Uhr

BLICK
AUF
ÄUSSERE

Frank Duerr

Bienen wollen Blümchen gefallen und Blümchen Bienen, denn sie profitieren voneinander. Dieses Gefallen hat eine harte Funktionskomponente und zugleich eine weiche ästhetische Wahrnehmungsdimension. Manchmal ist die äußere Erscheinung ein signifikantes Merkmal für die innere Wesensstruktur oder für die Funktion der körperlichen Merkmale. Man könnte meinen, die Natur spricht zu uns – denkt man nur an den Ameisenbär und seine lange Schnauze, mit der er Ameisen aus den aufgebrochenen Löchern leckt, oder an das farbenprächtige Pfauenrad, das als visuelles Ornament einerseits Feinde abschrecken, andererseits Weibchen anlocken soll.

Die Signaturenlehre seit Paracelsus lieferte für die Analogien zwischen Außen und Innen auch kuriose Beispiele, indem sie aus der äußeren Form oder Farbe von Pflanzen auf ihre heilende Wirkung schloss. Heute wissen wir, wie falsch morphologische Schlussfolgerungen sein können, denn Leberblümchen, Natternkraut, Frauenmantel, Blasenstrauch und Zittergras heilen nicht. Die Ästhetik der Natur als offenes Buch zu begreifen, ist reizvoll, aber trügerisch.





LESBARKEIT DER NATUR

In einer historisch langen Tradition versuchten Naturforscher, von der äußeren Gestalt eines Gegenstandes auf sein Wesen, seine innere Struktur zu schließen: Signaturenlehre bei Paracelsus, „Lesbarkeit der Natur“ bei Jakob Böhme, Morphologie bei Goethe, Naturphysiognomik bei Alexander von Humboldt oder Carl Gustav Carus. Die äußeren Züge sind nach diesen Theorien oftmals zugleich die ästhetisch relevanten Merkmale, so dass die naturwissenschaftliche Erkenntnis eines Naturgegenstandes zugleich die Erkenntnis seiner Ästhetik bedingte und umgekehrt.



LEBERBLÜMCHEN

Botanischer Garten

Das Leberblümchen heißt Leberblümchen, weil die Blätter geformt sind wie das menschliche Organ, das zur Verarbeitung von Stoffwechselprodukten dient. Die Vorstellung, dass der Verzehr des Blümchens die Leber heilt, war weit verbreitet und wäre ein schönes Zeichen der Natur, ist aber Humbug.

BRUTSYSTEM DES BORKENKÄFERS IN DER RINDE

Zoologische Sammlung

BRUTSYSTEM DES BORKENKÄFERS AUF EINEM AST

Zoologische Sammlung

Schöne Linien zeugen vom großen Fressen der Käferlarven und erinnern an asiatische Schriftzeichen. Wegführend vom zentralen „Muttergang“ verraten kleine Verästelungen die Wege der geschlüpften Nachkommen.





EI DER TROTTELLUMME

Zoologische Sammlung

Das konisch spitze Ei des Meeresvogels weist kunstvolle Linien auf. Doch ist aus diesen schönen Wurmformen ein Wesenszug der Trottellumme abzulesen? Die Vögel erkennen daran zumindest ihr Gelege, denn Lummens brüten dicht an dicht in Kolonien.

EI DES FISCHADLERS

Zoologische Sammlung

EI DES PRACHTTAUCHERS

Zoologische Sammlung

Der Prachtaucher ist ein Bodenbrüter, die Scheckung seiner Eier dient als Tarnung vor Fraßfeinden. Ähnlich sind die Eier des Fischadlers perfekt an die Farbstruktur im Horst angepasst. Als lesbares „Zeichen“ verstanden, ist die Ei-Musterung für den Zoologen ein Hinweis auf die Beschaffenheit des Brutorts einer Vogelart.





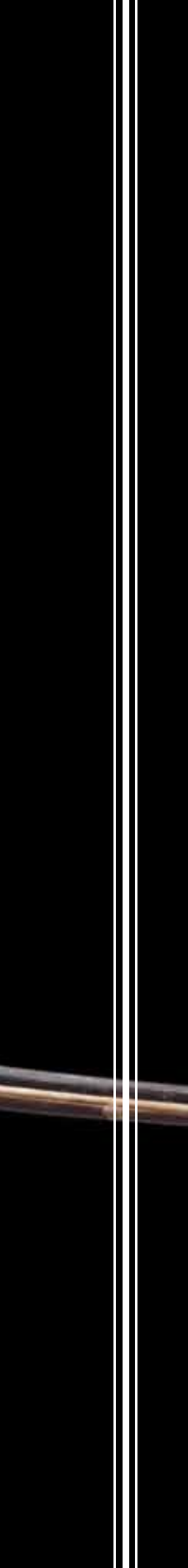
JAPANISCHER BRAHMASPINNER

Zoologische Sammlung

Das markante Linienmuster, das eine Art Auge umgibt, ist für diesen Nachtfalter artspezifisch. Handelt es sich bei solch komplexen Mustern nur um eine Laune der Natur? Als biologische Gründe nimmt man Tarnung, Abschreckung und Vorteile bei der Partnersuche an.







INTERPRETIERTE ZEICHEN

Die zeichentheoretische Herangehensweise kann als erster Anhaltspunkt für die tiefere Erforschung der Tier- und Pflanzenwelt dienen. Lange Beine, gemustertes Fell und große Ohren besitzen meist auch eine bestimmte Funktion. Die äußere Erscheinung lässt somit auf eine spezifische Verhaltensform schließen. Die präsentierten Gebilde sind gleichzeitig auch anmutige Elemente und von außergewöhnlicher Schönheit.



SCHWERTSCHNABEL-KOLIBRI

Zoologische Sammlung

ADLERSCHNABEL-KOLIBRI

Zoologische Sammlung

SCHWARZSCHWANZ-KERNBEISSER

Zoologische Sammlung

Die Kolibris saugen Nektar, der Kernbeißer knackt Fruchtkerne, weshalb sich ihre Schnäbel evolutionär perfekt an die tiefen oder krummen Blütenkelche oder ans Öffnen von Kernschalen angepasst haben. Man kann förmlich am Schnabel ablesen, welche Nahrungsquelle die jeweilige Vogelart hat.





SCHUBLADE MIT VERSCHIEDENEN SCHECKENFALTER-ARTEN

Zoologische Sammlung

Der Schmetterlingsflügel ist ein offenes Buch für kundige Spezialisten, denn anhand der Musterung kann meist die Art identifiziert werden. Doch gibt es innerhalb jeder Art Variationen, etwa zwischen den Geschlechtern, so dass es darauf ankommt, die wichtigen von den unwichtigen Merkmalen zu unterscheiden.







AUSSEN = INNEN?

Die äußere Form von Dingen lässt oftmals Schlüsse auf deren innere Beschaffenheit zu. Speziell die Kristallmorphologie ist dafür ein interessantes Feld. Minerale besitzen eine atomare Gitterstruktur, die sich oft in ihrer makroskopischen Kristallgestalt widerspiegelt. Die sichtbaren Kristallflächen sind dann parallel zu den Gitter-Ebenen der unsichtbaren Struktur. Doch manchmal trügt der Schluss vom Äußeren aufs Innere: Viele Minerale bringen trotz gleicher Kristallstruktur ganz unterschiedliche Formen hervor.



GIPS (PRISMATISCHE KRISTALLE)

Fundort: Friedrichroda, Thüringen
Mineralogische Sammlung

GIPS (VARIETÄT FASERGIPS)

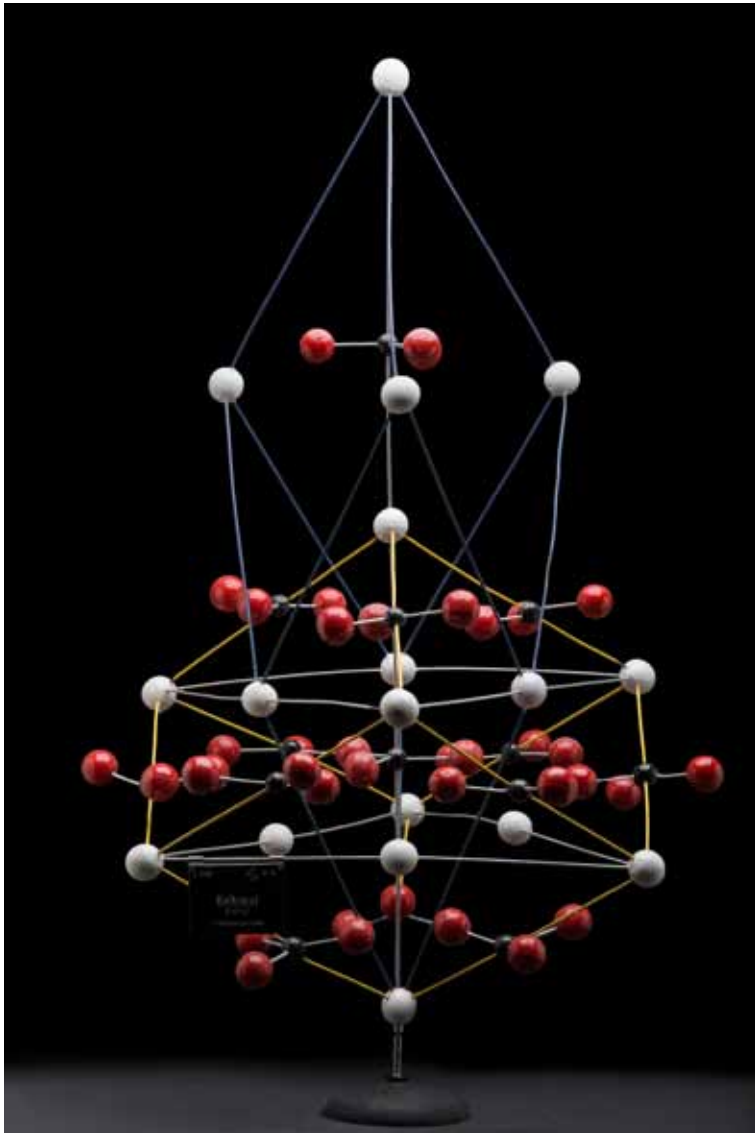
Fundort: Westheim, Franken
Mineralogische Sammlung

GIPS (VARIETÄT SANDROSE)

Fundort: Sahara
Mineralogische Sammlung

Das grobkristalline oder feinfaserige Mineral Gips kann sehr unterschiedlich wachsen, wodurch sein Äußeres stark variiert. Von der sichtbaren, äußeren Gestalt des Exemplars aus Friedrichroda kann man recht gut auf die mikroskopische Kristallstruktur schließen, bei den Varietäten Fasergips und Sandrose ist dies nicht der Fall.

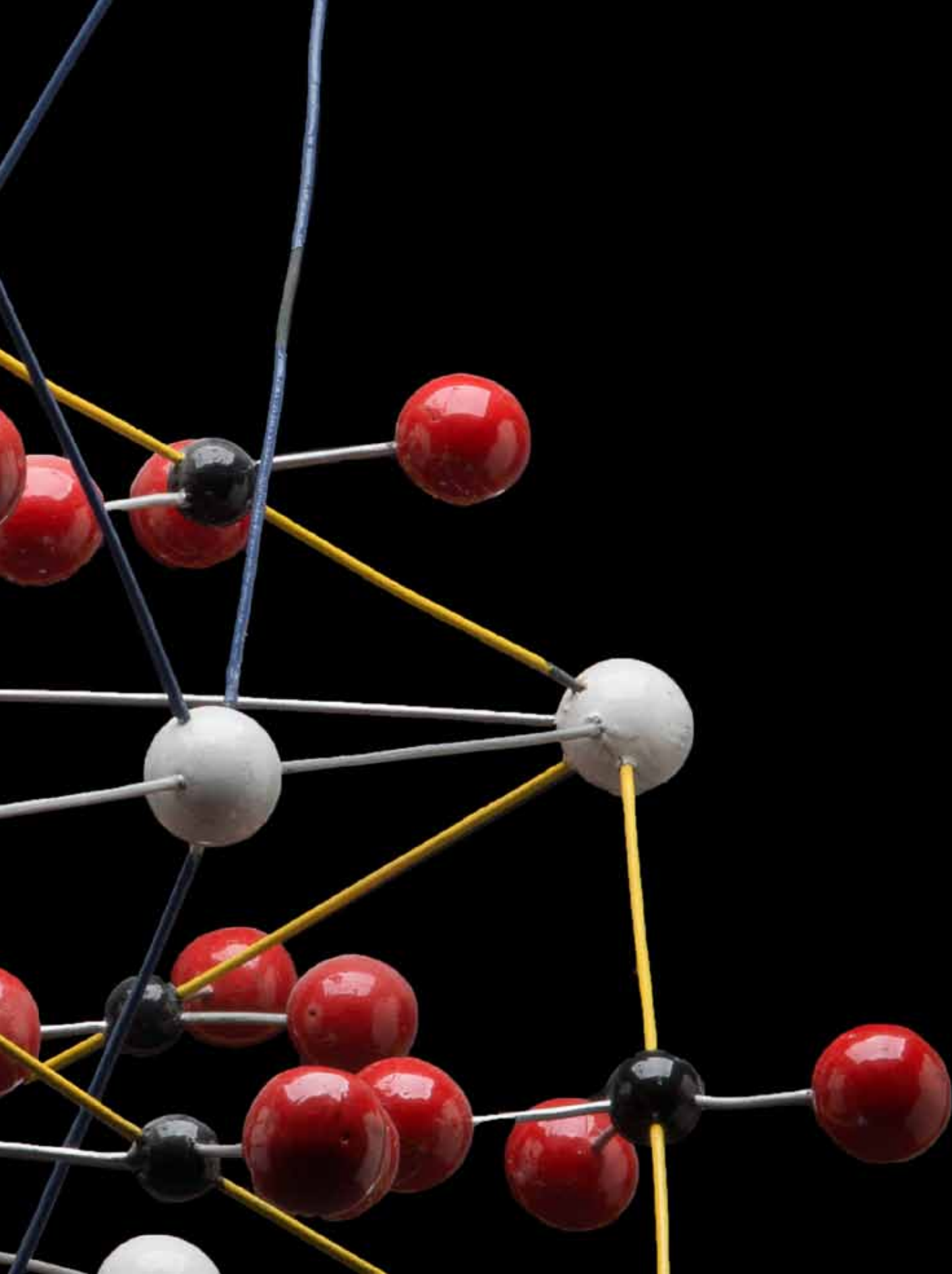




STRUKTURMODELL DES MINERALS CALCIT

Mineralogische Sammlung

Das Modell zeigt die innere Kristallstruktur von Calcit. An den blauen und gelben Linien sind die Winkel der Flächen ablesbar, die der Kristall beim Wachstum bildet. Selbst im digitalen Zeitalter sind in der universitären Lehre noch viele solcher Modelle im Einsatz, weil an ihnen die räumlichen Verhältnisse am leichtesten zu erfassen sind.



BLICK
INS
INNERE

Frank Duerr

Wo der Blick aufs Äußere nicht ausreicht, um Dinge und Lebewesen wissenschaftlich zu ergründen, bedarf es technischer Hilfsmittel: Eisenmeteoriten werden geätzt, Mineralpräparate durchleuchtet, Elektronen werden durch Spalten geschossen und der menschliche Körper wird bestrahlt oder per Computervernetzung analysiert.

Unterschiedliche Verfahren erzeugen verschiedene Wahrnehmungsveränderungen und einen neuen Blick auf den Untersuchungsgegenstand. Am Beispiel der Mineralogie wird in dieser Abteilung die differenzierte Perspektive auf die Struktur von Kristallen verdeutlicht. Erst der Einsatz von polarisiertem Licht und handwerkliche Prozesse fördern die innere Schönheit der Kristalle zutage.

Das Jönsson-Experiment entführt in die Teilchenwelt der Quantenmechanik und in die Nanotechnologie. Das berühmte Doppelspaltexperiment von 1961 bewies die Welleneigenschaften von Elektronen – eine physikalische Revolution im Kleid puristischer Schönheit.

Bilder und Animationen aus MRT, CT, DTI und aus dem Röntgenstrahler verdeutlichen in Serie ihre eigene Ästhetik und visuelle Rhetorik. Der Blick ins Innere schafft nicht nur Wissen, sondern ist eng verknüpft mit Schönheit und Erhabenheit. Dabei werden die Bilder nicht nur für die Entdeckung von Anomalien eingesetzt, sondern auch für Vorträge als visuelle Reizbilder. Beim zweitgenannten Einsatzgebiet ist gerade nicht die Wissenserweiterung das Ziel der Verwendung, denn Erklärung liefern sie gegenüber nackten Zahlen nur bedingt. Die visuelle Attraktivität verlockt regelmäßig zum Vorzeigen von technischen Bildern.

Ca

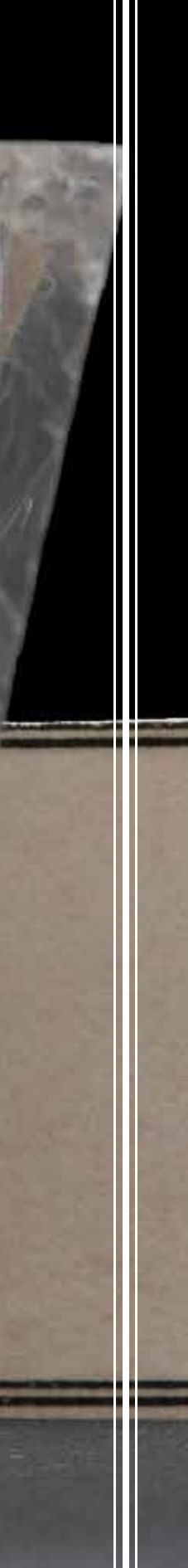
Doppel

- Doppel

CaCO_3

Island

Island



SICHTBAR MACHEN

Viele Dinge der Natur geben ihre innere Struktur nicht von selbst preis. Wissenschaftler entwickeln daher Instrumente und Methoden, um die Beschaffenheit der Dinge sichtbar zu machen. Mikroskope zeigen Vergrößerungen, Filter separieren Licht und ermöglichen so einen analytischen Blick auf das Objekt. Diese Abteilung zeigt anhand der Untersuchung von Mineralen, wie der instrumentelle Blick ins Innere unser Wissen erweitert und dabei auch neue Dimensionen des Naturschönen erschließt.



EISENMETEORIT (GROBER OKTAEDRIT)

Fundort: Arispe, Mexiko
Mineralogische Sammlung

EISENMETEORIT (FEINER OKTAEDRIT)

Fundort: Carlton, Texas
Mineralogische Sammlung

Diese Eisenmeteoriten zeigen „außerirdische“ Linienmuster: Erst durch das extrem langsame Abkühlen und Kristallisieren bei Schwerelosigkeit von über eine Million Jahre Dauer entstehen die sogenannten Widmanstätten-Figuren – doch sichtbar werden sie erst durch Schleifen, Polieren und Ätzen mit Säure.





BEI DURCHLEUCHTUNG: FARBE

Mineralogische Sammlung

Der dunkle Turmalin, auch Schörl genannt, wirkt als karger, brauner Brocken zunächst sehr schlicht. Erst bei Durchleuchtung einer dünnen Scheibe entfaltet er seine kristallische Pracht. Die Farbzonierung beim Turmalin ist die Folge von unterschiedlich starkem Eiseneinbau im wachsenden Kristall.



CALCIT (DOPPELSPAT)

Fundort: Island

Mineralogische Sammlung

Keine Angst, ihre Augen irren sich nicht: Der gedruckte Text wird durch diesen Kristall gedoppelt. Verantwortlich dafür ist eine besonders hohe Doppelbrechung des Lichts in Calcit. Weil hierbei das Licht auch polarisiert wird, nutzte man das Mineral früher als Polarisator in der Mikroskopie von Mineralen und Gesteinen.



NÖRRENBURG'SCHES POLARISKOP

19. Jahrhundert

Mineralogische Sammlung

Das einfallende Tageslicht wird an Glasplatten, die unter einem bestimmten Winkel orientiert sind, in Form von polarisiertem Licht reflektiert. Schaut man durch das Okular auf ein Dünnschliffpräparat eines Minerals, sieht man Doppelbrechungseffekte, die im normalen Licht nicht sichtbar sind.



POLARISATIONSMIKROSKOP

20. Jahrhundert

Mineralogische Sammlung

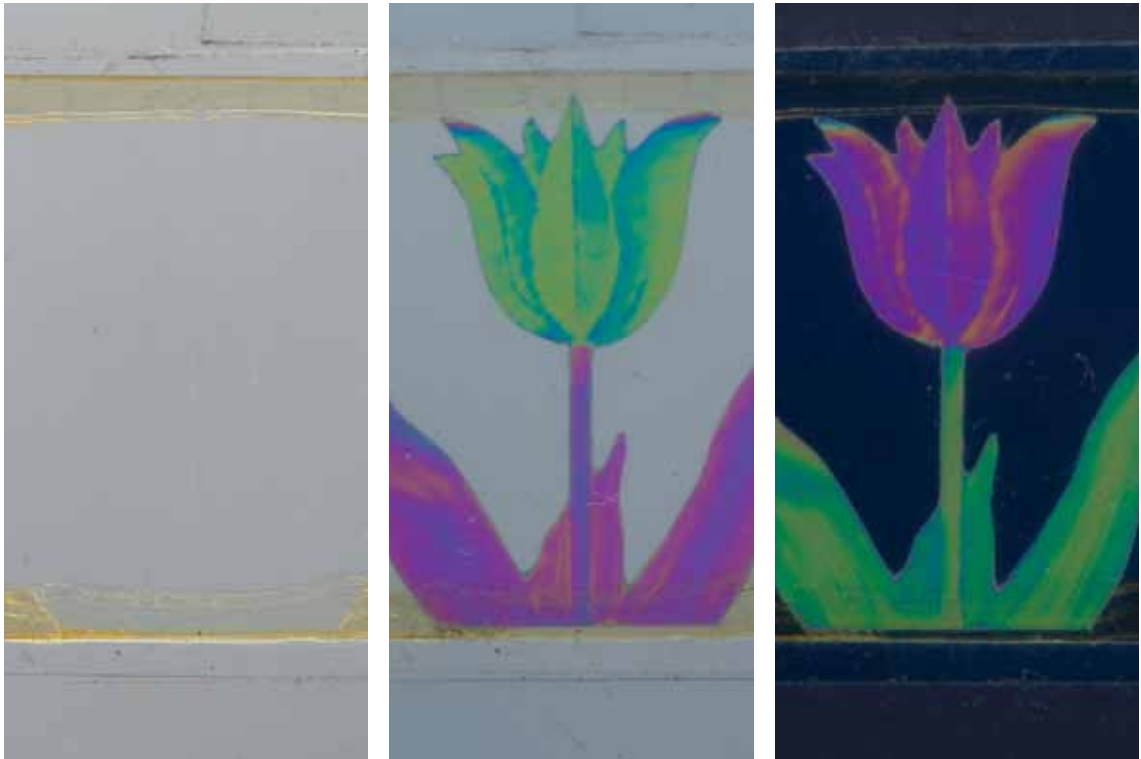
Durch Polarisatoren wird das einfallende Licht so gefiltert, dass nur Strahlung mit derselben Schwingungsrichtung den Filter verlässt. Im Unterschied zu normalen Mikroskopen ist der Objektisch drehbar, damit das mineralische Präparat in unterschiedlichen Winkeln zur Polarisationsrichtung des Lichts untersucht werden kann.



**SAMMLUNG VON 115 DÜNNSCHLIFFEN
PETROGRAPHISCH WICHTIGER MINERALIEN**

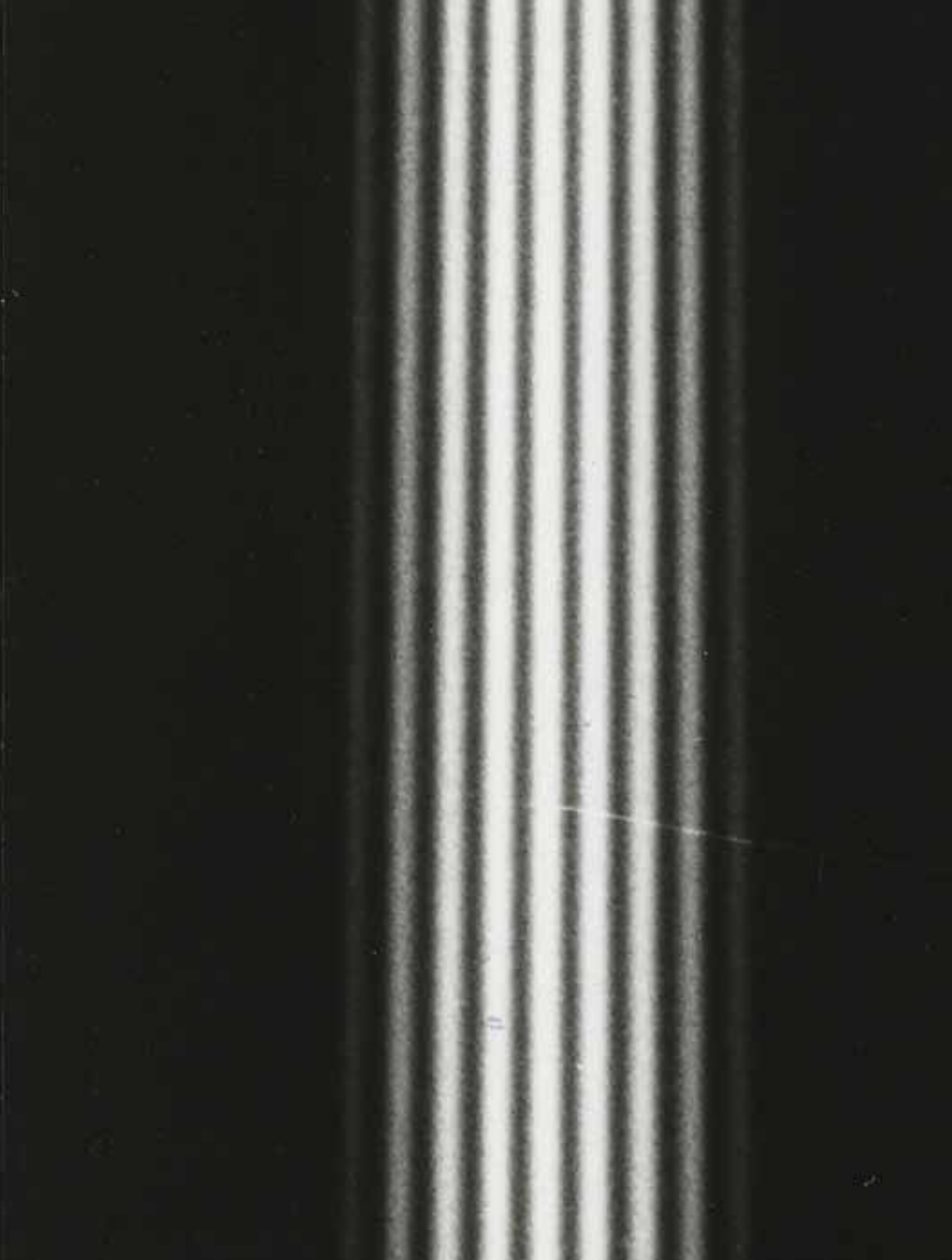
1889 | Firma Voigt & Hochgesang, Göttingen
Mineralogische Sammlung

Seit Erfindung der Polarisationsmikroskopie sind diese hauchdünnen Präparate für die kristallographische Forschung wichtiger als die Mineralfunde in ihrem Naturzustand. Um systematische Vergleiche zu ermöglichen, wurden Serien von Dünnschliffpräparaten angefertigt.



LEGEFIGUR AUS GIPS UNTER DREHBAREM POLARISATIONSFILTER Mineralogische Sammlung

Aus Dünnschliffen des Minerals Gips ist auf diesem Objektträger die Form einer Tulpe montiert. Die Abbildung links zeigt die noch unsichtbar bleibende Legefigur unter normalem Licht. Bei polarisiertem Licht (Fotos Mitte/rechts) ergeben sich durch die kristallinen Eigenschaften des Materials unterschiedliche Farben; die Blume wird sichtbar.



DAS SCHÖNSTE PHYSIKALISCHE EXPERIMENT

Wo fliegt ein einzelnes Elektron durch, wenn es auf zwei Spalten trifft? Es geht durch beide Spalten, wird gebeugt und überlagert sich mit sich selbst. Stellt man hinter den Doppelspalt einen Schirm, ergibt sich durch die Überlagerung ein Muster von unscharfen Linien, das genauso aussieht wie das Muster von Lichtwellen hinter einem Doppelspalt. Mit diesem Experiment bewies der Tübinger Physiker Claus Jönsson, dass Elektronen nicht nur Teilchen-, sondern auch Welleneigenschaften besitzen. Eine Revolution, denn alle hielten diese theoretische Annahme zuvor für unbeweisbar. Jönssons Beugungsbilder gingen um die ganze Welt. Der weltberühmte Physiker Richard Feynman schrieb zwei Jahre später: „We choose to examine a phenomenon which is impossible, absolutely impossible, to explain in any classical way, and which has in it the heart of quantum mechanics. In reality, it contains the only mystery.“ Im Jahr 2002 kürte die Zeitschrift *Physics World* das Experiment zum „most beautiful experiment in physics“.



GLASPLATTE MIT ZWEI ELEKTRONEN-INTERFERENZBILDERN

1961 | Claus Jönsson

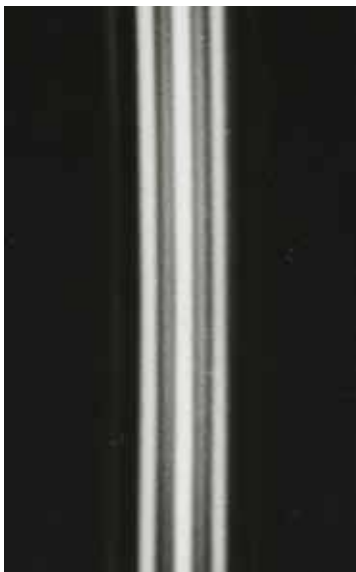
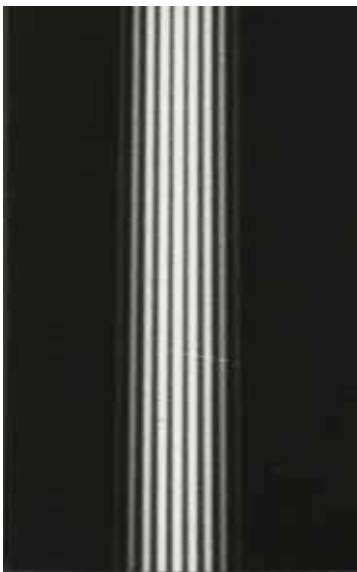
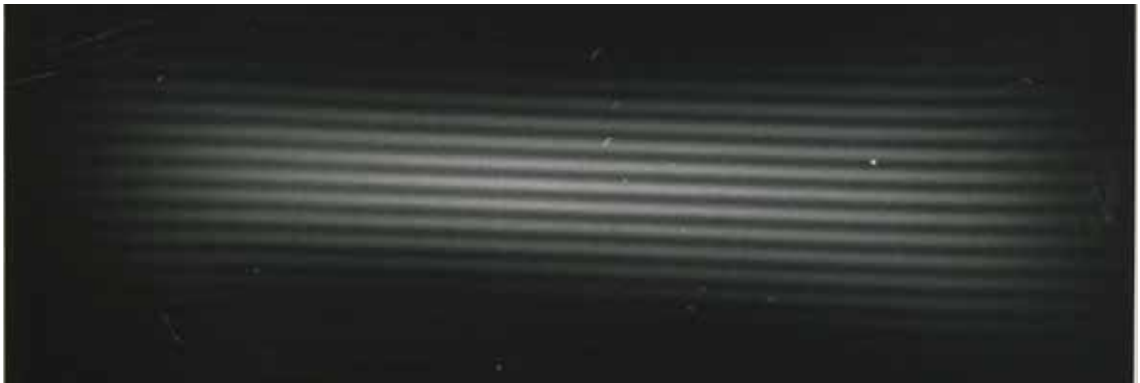
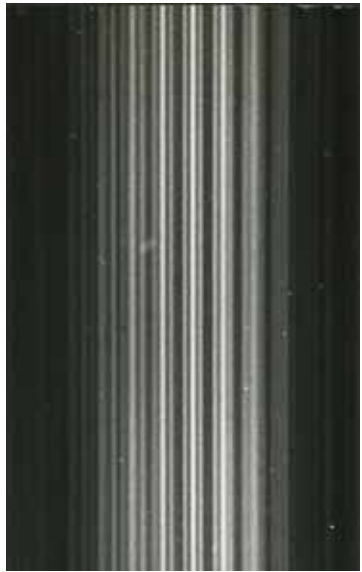
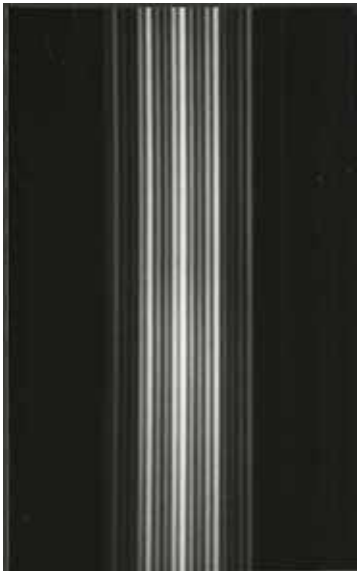
Fundus Wissenschaftsgeschichte

ENSEMBLE VON FOTOABZÜGEN DER INTERFERENZBILDER

1961 | Claus Jönsson

Fundus Wissenschaftsgeschichte

Die Abzüge und das originale Negativ erinnern an die Farbfeldmalerei eines Mark Rothko oder Barnett Newman. Die kleinen Beweise für die Beugung und Interferenz von Elektronen bestechen nicht nur durch ihre Bedeutung für die Quantenphysik und Nanotechnologie, sondern auch durch ihre puristische Erscheinung.



An den beschossenen Stellen wächst eine dünne, von Restgasen im Vakuum herstammende Polymerisatschicht auf. Wird die so präparierte Platte in einem sauren Kupferbad galvanisch weitervercupfert, so bildet sich auf den mit Polymerisat versehenen Bereichen kein Kupferrückschlag. Die Polymerisatschicht und die darunter liegende Kupferschicht bleiben beim Ablösen an der Glasplatte hängen. Die Feinspalte in der elektrolytisch aufgetragenen Schicht sind also frei von jeder Substanz. Die Fig. 1 zeigt drei so hergestellte Feinspalte in elektronenmikroskopischer Vergrößerung. Die Gitterkonstante s beträgt $2,2 \mu$, die Breite b $0,6 \mu$ und die Länge L des Spaltes 100μ .

Die Fig. 2 zeigt das Elektronen-Interferenzbild der drei nebeneinander liegenden Spalte. Es wurde auf folgendem Wege durch Anwendung des Fraunhoferschen Strahlenganges gewonnen: Durch Verkleinerung der Elektronenquelle (Überkreuzungspunkt vor dem Wehneltzylinder) mittels einer elektrostatischen Zylinderlinse wird eine etwa $2000 \text{ \AA}$ breite Strichsonde hoher Intensität erzeugt. Sie beleuchtet die in einer Entfernung von 30 cm aufgestellten Spalte. Die Bedingung $2d \sin \theta < \lambda/2$ zur kohärenten Ausleuchtung einer Breite von 5μ ist damit knapp erfüllt. Unmittelbar hinter den Beugungsspalten befindet sich eine langbrennweitige rotationssymmetrische elektrostatische Linse, welche die Sonde (Fraunhofer-Strahlengang) in die Zwischenbildebene abbildet.

Man erkennt in Fig. 2, wie im lichteoptischen Fall, daß das Zentralmaximum der Interferenz 1. Klasse von Minimis der Interferenzen 2. Klasse durchzogen ist.



Fig. 1. Drei für Interferenzversuche mit Elektronenwellen hergestellte Feinspalte in einer 2μ dicken Cu-Folie

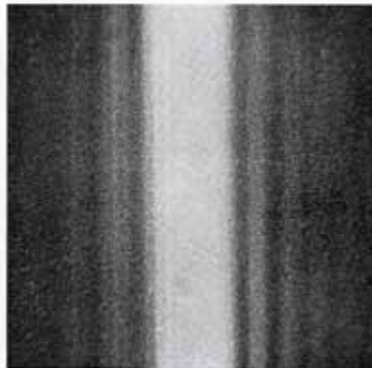


Fig. 2. Elektronen-Interferenzen an drei Spalten. Beschleunigungsspannung des Elektronenstrahls $U = 40 \text{ kV}$

JÖNSSONS AUFSATZ IN DER „ZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK“

1961

Privatsammlung Claus Jönsson

Unter der Leitung von Gottfried Möllenstedt führte der Doktorand Claus Jönsson an der Universität Tübingen Experimente zur Elektronenbeugung durch. Ihm gelang es als weltweit erster, die in der Theorie vorhergesagte Elektroneninterferenz an Mehrfachspalten als Experiment zu realisieren und zu beweisen.

COMMENT: CRITICAL POINT

gas-filled styrofoam cup with holes in the bottom can be made to glide pleasantly around the floor when kicked about as the gas leaks out.

The beauty of the double-slit experiment

The double-slit experiment exemplifies the wave-particle duality of light, as well as quantum physics itself. It demonstrates that light interferes with itself in passing through a pair of slits. It also shows that even single electrons – proceeding one by one – interfere. Richard Feynman is said to have remarked that it contains everything you need to know about quantum mechanics.

The double-slit experiment with electrons possesses all of the aspects of beauty most frequently mentioned by readers – although, unlike all of the other experiments in the top 10, it does not have anyone's name attached to it. It is transformative, being able to convince even the most die-hard sceptics of the truth of quantum mechanics. "Before seeing it," one respondent wrote, "I didn't believe a single word of 'modern' physics." It is economical: the equipment is readily obtained and the concepts are readily understandable, despite its revolutionary result. It is also deep play: the experiment stages a performance that does not occur in nature, but unfolds only in a special situation set up by human beings. In doing so, it dramatically reveals – before our very eyes – something more than was put into it.

"I saw it during an optics course at Edinburgh University," wrote respondent Alison Campbell, an astronomer at St Andrews University. "The prof didn't tell us what was going to happen, and the impact was tremendous. I cannot remember the experimental details any more – I just remember the distribution of points that I suddenly saw were arranged in a diffraction pattern. Seeing the two-slit experiment is like watching a total solar eclipse for the first time: a primitive thrill passes through you and the little hairs on your arms stand up. You think this particle-wave thing is really true and the foundations of your knowledge shift and sway."

Beauty and the experimental process

I was a little disturbed, however, by the ease with which many people seemed to think that the experiments that they were proposing had been conceived, or could be carried out and understood. This seemed a fiction, in part, of the way that these experiments are often taught. Demonstrations can vastly simplify the experimental process through the use of modern equipment combined with the "right answer" in view. Textbooks and Web simulations – which exist for most of the experiments on the top 10 list – are likewise far greater simplifications. That is true even when, as in the case of some Millikan oil-drop simulations, "dirty" drops that cannot be fitted to the right result are deliberately

Top 10 beautiful experiments

The list below shows the top 10 most frequently mentioned experiments by readers of *Physics World*.

- 1 Young's double-slit experiment applied to the interference of single electrons
- 2 Galileo's experiment on falling bodies (1600s)
- 3 Millikan's oil-drop experiment (1910s)
- 4 Newton's decomposition of sunlight with a prism (1665–1666)
- 5 Young's light interference experiment (1801)
- 6 Cavendish's torsion-bar experiment (1798)
- 7 Eratosthenes' measurement of the Earth's circumference (3rd century BC)
- 8 Galileo's experiments with rolling balls down inclined planes (1600s)
- 9 Rutherford's discovery of the nucleus (1911)
- 10 Foucault's pendulum (1851)

Others experiments that were cited included:

- Archimedes' experiment on hydrostatics
- Rømer's observations of the speed of light
- Joule's paddle-wheel heat experiments
- Hysteresis in a pipe flow experiment
- Mach & Sauer's acoustic shock waves
- Michelson–Morley measurement of the null effect of the ether
- Röntgen's detection of Maxwell's displacement current
- Denard's discovery of electromagnetic induction
- The Braggs' X-ray diffraction of salt crystals
- Eddington's measurement of the bending of starlight
- Stern–Gerlach demonstration of space quantization
- Schrödinger's cat thought experiment
- Trinity test of nuclear chain reaction
- Wu et al.'s measurement of parity violation
- Gell-Mann's study of neutrino helicity
- Feynman dipping an Oring in water

are included along with clean ones in an attempt to promote verisimilitude.

These demonstrations and simulations, I think, diminish the experience of beauty in science by misrepresenting the experimental process. Even when a scientific experiment points to a simple fact or relationship – as Frederic Holmes writes in his book *Mislab, Stahl, and the Replication of DNA: A History of the Most Beautiful Experiment in Biology* – it usually has been extracted from a "matrix of complexity", and introduces new complexities into science. Despite its simplicity, he says, "the [Meselson-Stahl] experiment originated in complexity, was surrounded by controversy and directed the way toward the discovery of future complexities."

And it hardly needs saying that the various experiments demonstrating quantum-

mechanical principles were not born simply, and have not made the world simpler. Demonstrations and simulations can misrepresent by encouraging the sense that a scientific experiment is just an illustration of an already formulated lesson – turning the experiment into a point-by-numbers masterpiece, as it were – rather than a process by which a hitherto unknown truth becomes disclosed for the first time.

One *Shashdot* contributor touched on this after describing an experiment in which he measured the acceleration of gravity using a pin, a switch, a timer and a shuntcock. "The most beautiful thing wasn't learning that gravity is 9.8 ms^{-2} ," he wrote, "but in showing us that from a fairly simple set-up we could quantitatively measure something important in physics."

The critical point

Beauty, Plato wrote, is not easy to define, but something that "slips through and evades us". For this reason, many logic-oriented philosophical approaches tend to distance and even oppose truth and beauty. "The question of truth," wrote logician Gottlob Frege in one of his most influential works, "would come up to denote aesthetic delight for an attitude of scientific investigation."

For many sympathetic to these philosophical traditions that view truth as involving, most fundamentally, the disclosure of something rather than accurate representation. These traditions allow us to see an intimate connection between scientific inquiry and beauty. At any given time, the scientific frontier is ambiguous and confusing, and requires the skilled planning and performing of experimental actions to sort out and bring clarity.

It is natural to call beautiful those that captivate and transform our thinking, that make the result stand out clearly and economically and not abstractly as a lesson but in a materially embodied way, and that reveal that we are actively engaging with something beyond us. To speak about beauty in science as belonging solely to the province of theory or equations is to misunderstand both beauty and science.

The quantum-mechanical world is likely to remain counterintuitive to human beings, no matter how well-versed or confident we are in the theory. The double-slit electron-interference experiment brings us reality before our eyes in a dramatic, economical and materially embodied way. It is therefore likely to remain in the pantheon of beautiful experiments for a long time to come.

- See "The double-slit experiment" on p15

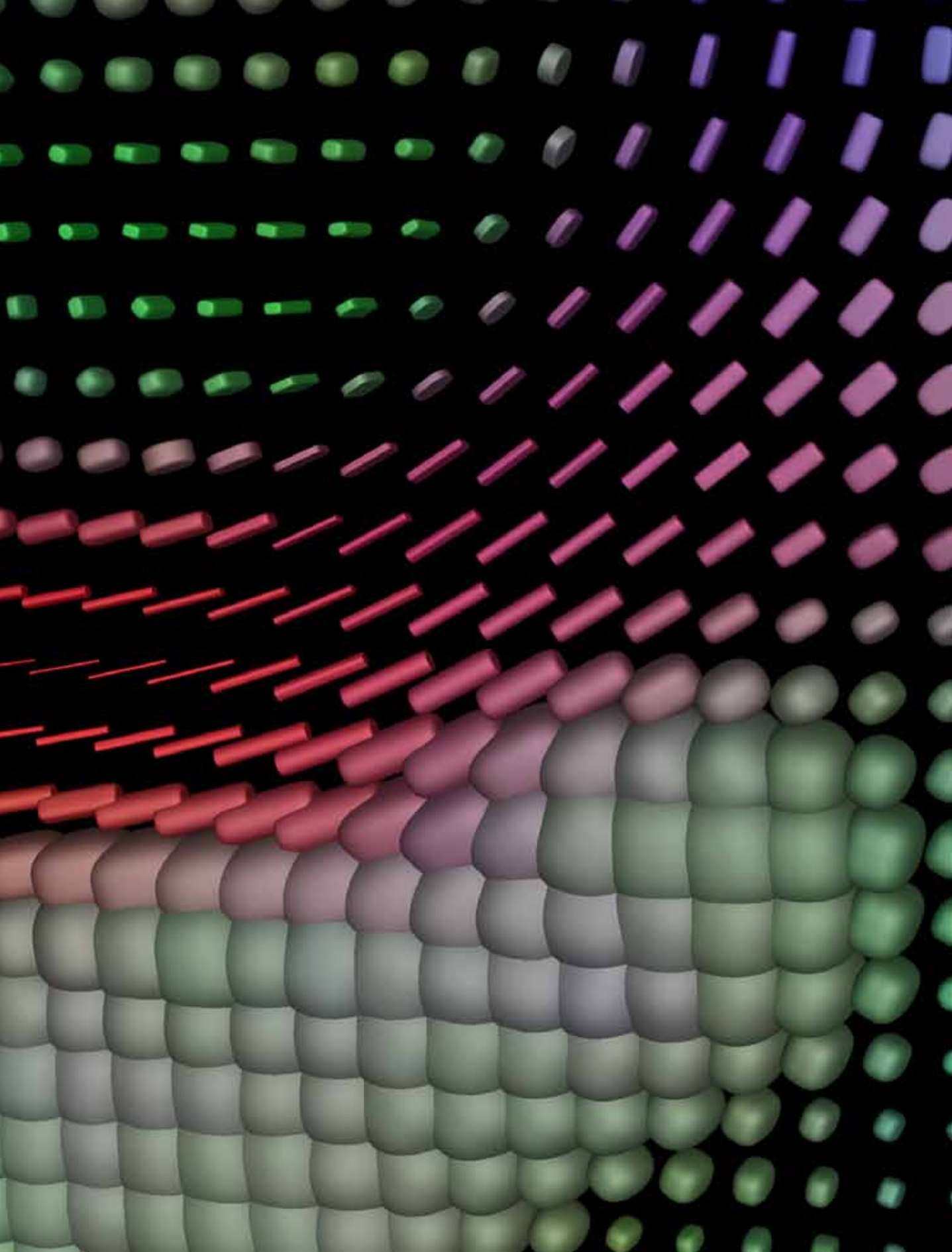
Robert F. Cresswell is in the Department of Philosophy, State University of New York at Stony Brook, Institute at the Brookhaven National Laboratory, and in 2002–2003 a senior fellow at the DIII-D Institute for Science and Technology, US; email: rcresswell@stonybrook.edu

LISTE DER 10 SCHÖNSTEN EXPERIMENTE IN DER ZEITSCHRIFT „PHYSICS WORLD“

September 2002

Privatsammlung Claus Jönsson

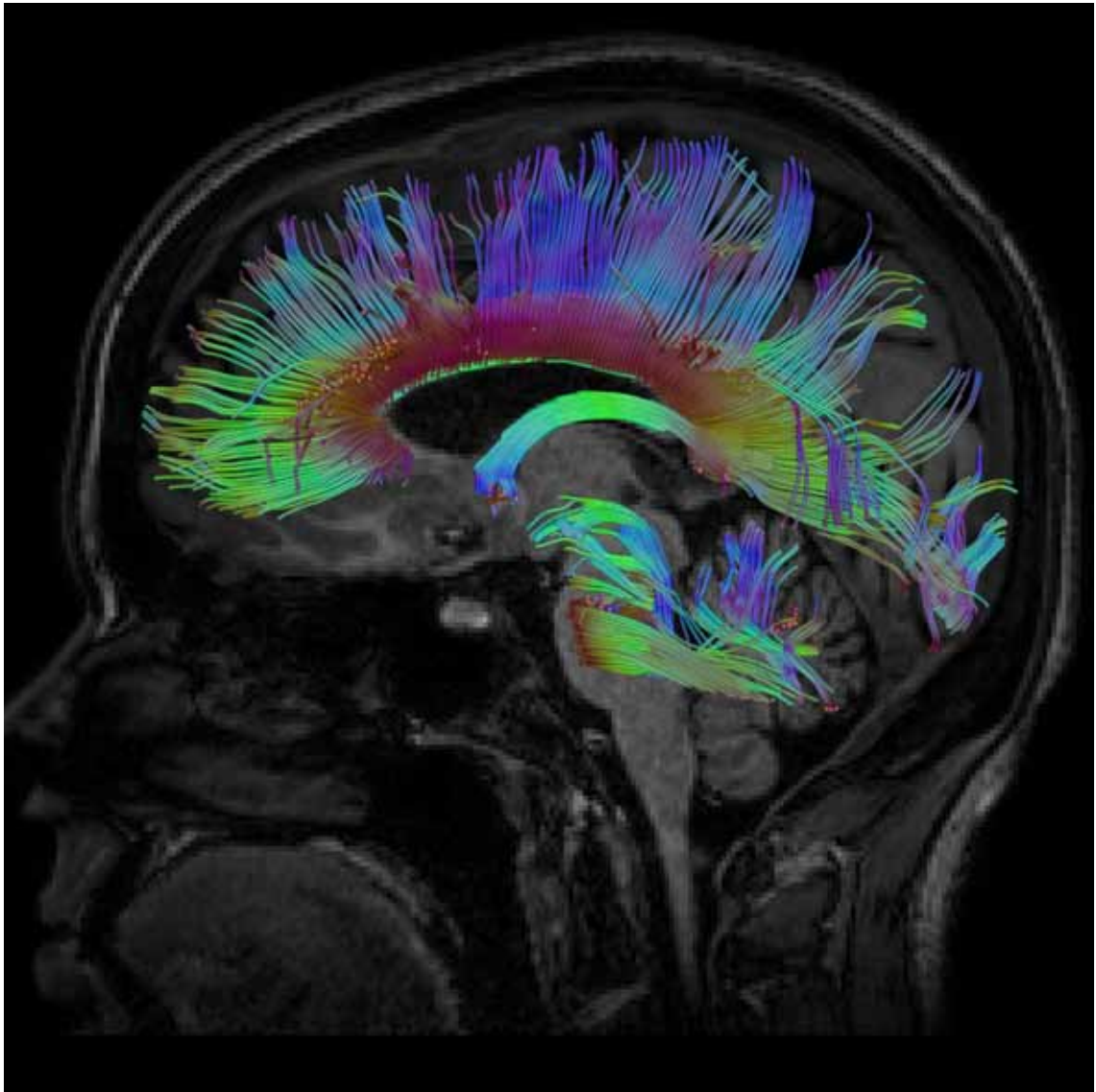
„Welches ist das schönste Experiment in der Geschichte der Physik?“ Dieser Aufruf sorgte für über 200 Einsendungen und katapultierte die Elektroneninterferenz an Youngs Doppelspalt auf Platz 1 – noch vor Galileis Experiment über den freien Fall (Platz 2), Newtons Spektralzerlegung des Lichts (Platz 4) und Foucaults Pendel (Platz 10).





DIE BRAIN-SHOW

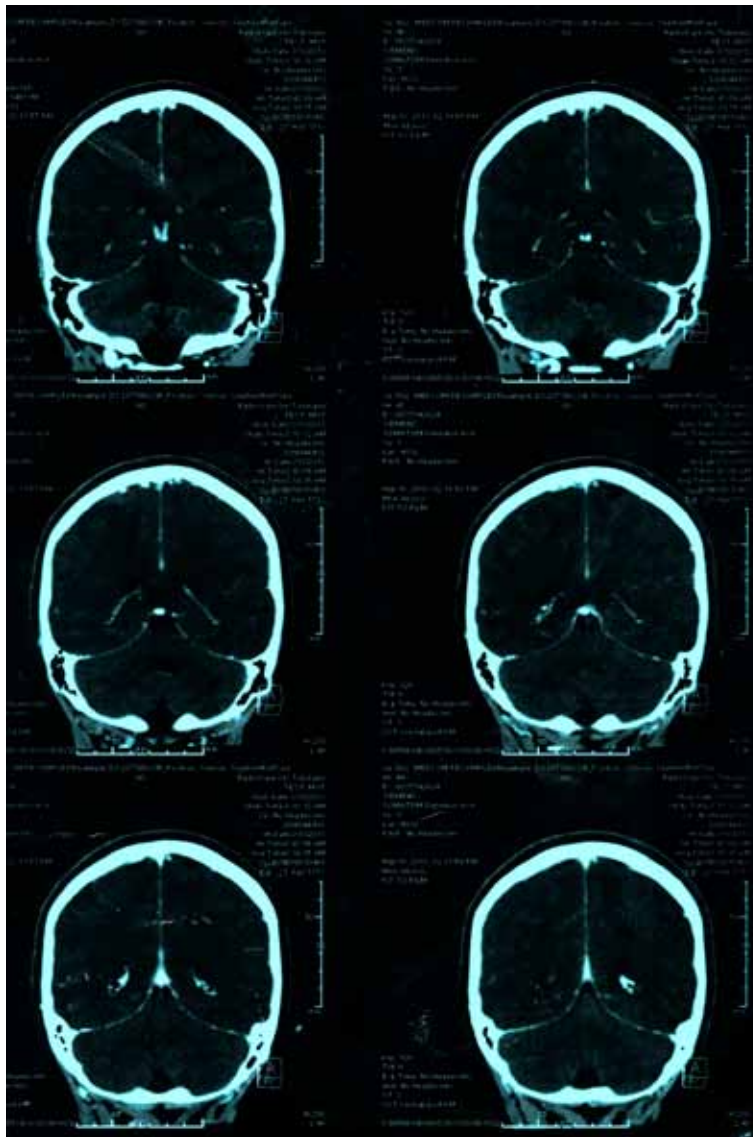
Das Gehirn gilt als eine Black Box, denn der direkte Blick ins Innere bleibt unzugänglich. Erst die Schnittstelle zwischen Gehirn und Computer erlaubt Einblicke in neuronale Vorgänge. Bildgebende Verfahren erzeugen Visualisierungen von spezifischen Aktivierungsmustern des Gehirns und erlauben bisher unbekannte Darstellungen auch anderer Körperregionen wie beispielsweise Kniegelenk oder Darm. Die Verfahren nutzen dabei Strahlung, die für das menschliche Auge nicht sichtbar ist. Erst die Übertragung der Messwerte ins sichtbare Farbspektrum macht daraus ein wahrnehmbares Bild. Ob ein bestimmter Frequenzbereich rot, blau oder grün dargestellt wird, ist völlig willkürlich, so dass auch die Ästhetik dieser Bilder von der Wissenschaft mitkonstruiert wird. Der Blick ins Innere bleibt für den Laien oft ein mysteriöses Abstraktum; doch das Farbenspiel, die schemenhaften Formen und der Wunsch nach Wissen laden die Bilder ästhetisch auf.



DARSTELLUNG VON NERVENFASERN DURCH DIFFUSIONS-TENSOR-BILDGEBUNG

Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme, Tübingen

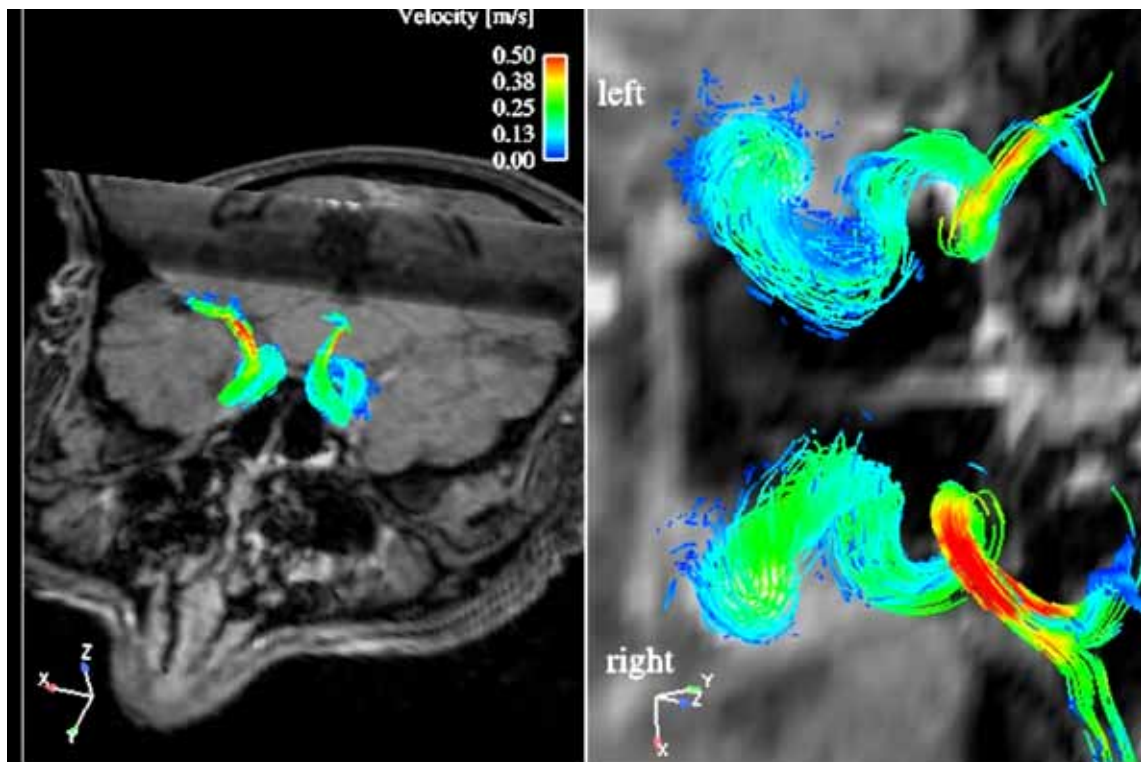
Die spontane Wärmebewegung von Wassermolekülen im menschlichen Hirn wird durch die Nervenfasern charakteristisch eingeschränkt. Dies ermöglicht es, mittels Diffusions-Bildgebung den dreidimensionalen Verlauf der großen Nervenfaserbündel zu rekonstruieren.



COMPUTERTOMOGRAPHIE-SCHNITTBILDER DES KOPFES

Radiologische Universitätsklinik

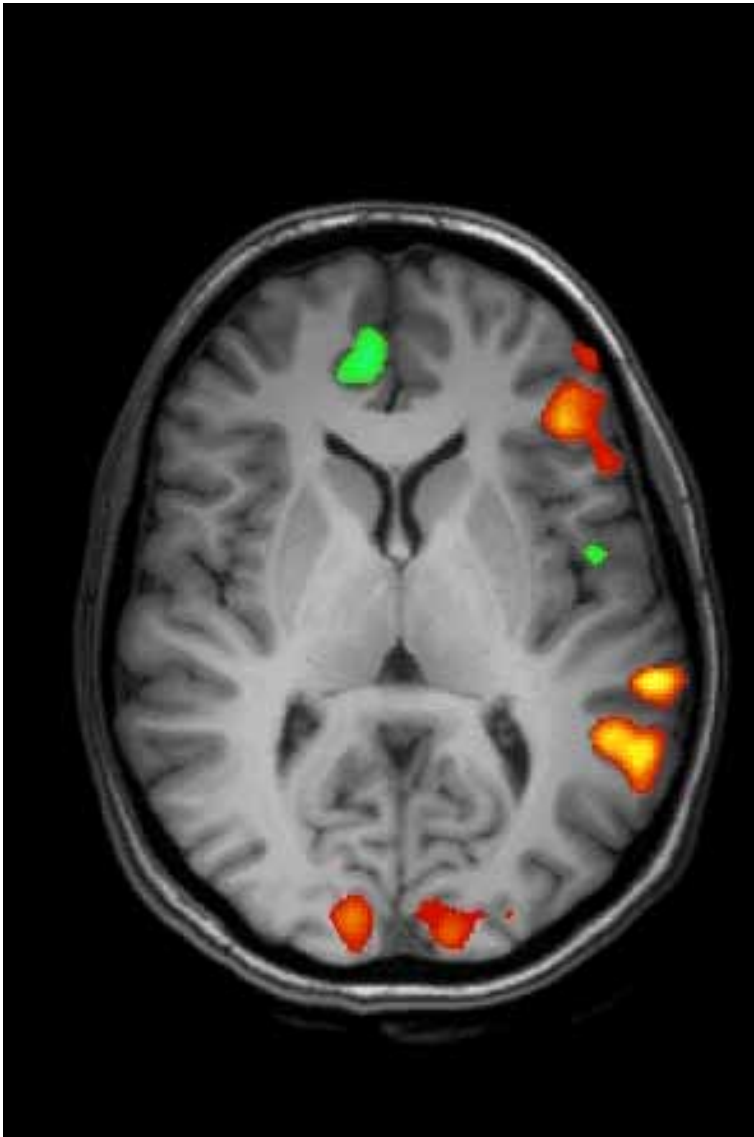
Unschärf anmutende Schwarzweißbilder zeigen Schichtaufnahmen des menschlichen Kopfes. Erst durch Computer ist es möglich, die gemessenen Werte in ein Bild zu verwandeln. Diese Konstruktion spricht auch die ästhetische Wahrnehmung an und lässt den Betrachter vor den medizinischen Konsequenzen erschauern.



DARSTELLUNG DER BEWEGUNG VON BLUTPARTIKELN IM GEHIRN

Max-Planck-Institut für Biologische Kybernetik, Tübingen

Das Gehirn muss ständig mit Blut versorgt werden um zu funktionieren. Dieses MRT-Verfahren zeigt die Bewegung der Blutpartikel und befördert dabei eine eigenwillige Ästhetik, die durch die Verästelungen und durch die Farbigkeit des Blutflusses Wissen ermöglicht.



FUNKTIONELLE MAGNETRESONANZTOMOGRAPHIE- AUFNAHME DES GEHIRNS

Radiologische Universitätsklinik

Kein anderes Verfahren ist so bekannt für die Vermischung von Wissen und Ästhetik. Blinkende Gehirnareale und faszinierende Einblicke in Prozesse des Denkens befördern das Mysterium um das menschliche Gehirn.

RÖNTGENBILD DES SCHÄDELS

Radiologische Universitätsklinik

Besteht der Verdacht auf Knochenbruch oder einen anderen Defekt, wird der menschliche Körper zur Diagnose durchstrahlt. Das Durchleuchten, das partiell mit verabreichten Kontrastmitteln kombiniert wird, ist seit 1895 dank des ersten Nobelpreisträgers für Physik, Wilhelm Conrad Röntgen, möglich.





100

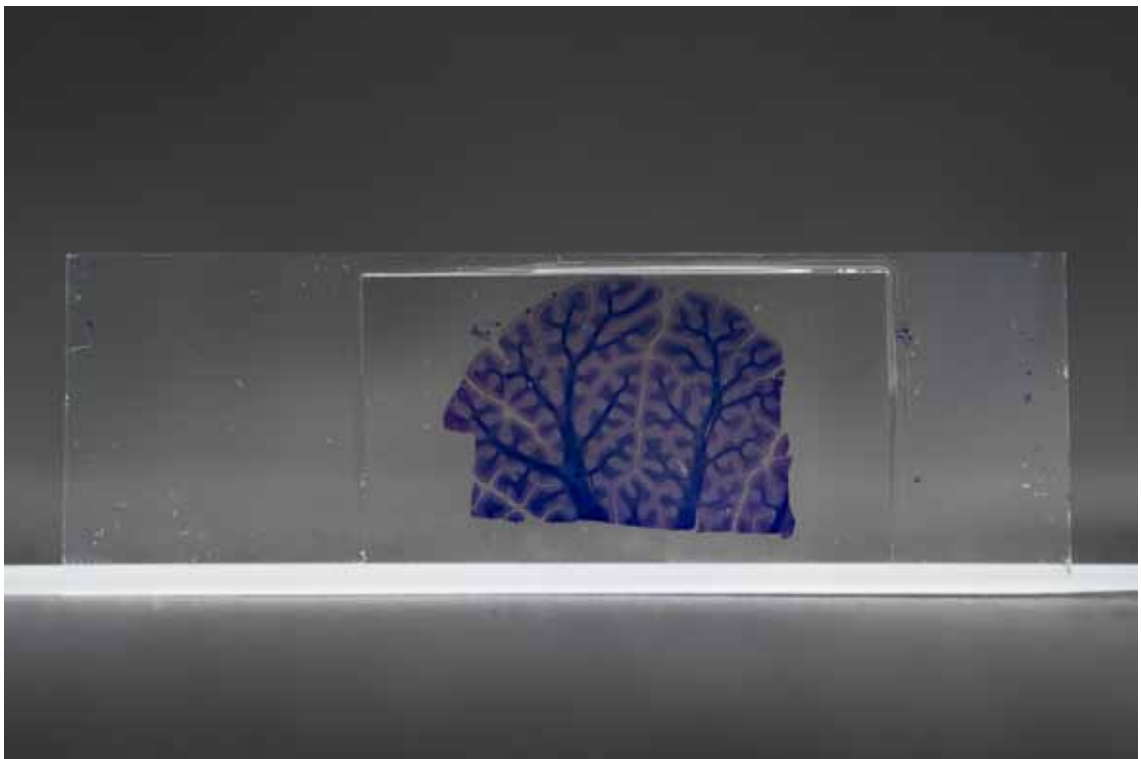
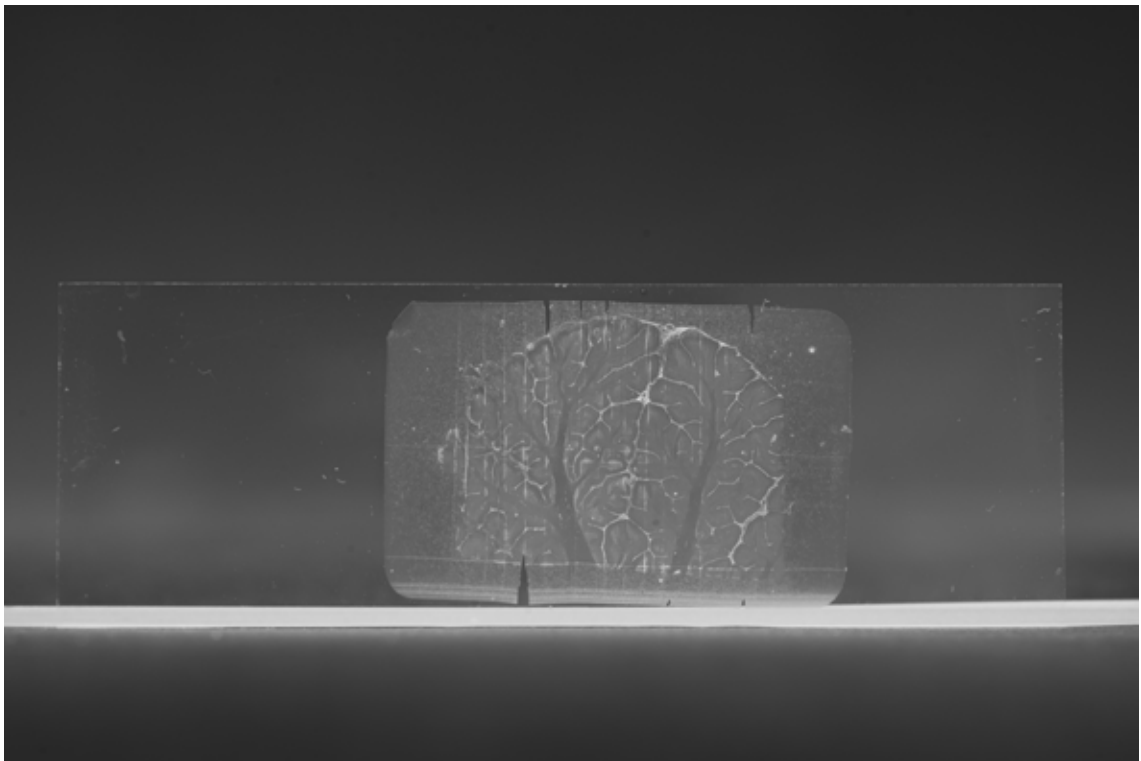
mm



HERSTELLUNG EINES ANATOMISCHEN DÜNNSCHICHTPRÄPARATS

Anatomische Sammlung

Der Querschnitt durch ein Organ ermöglicht den mikroskopischen Einblick in seinen Aufbau und somit auch die Interpretation seiner Funktionsweise. Die drei Exponate zeigen die Herstellung eines Dünnschichtpräparats. Durch gezielte Einfärbung können bestimmte Strukturen sichtbar gemacht werden.



IDEALE
NATUR

Thomas Beck

Die Naturwissenschaft hat den Vorsatz, ihre Erkenntnisse rein aus der Beobachtung der Wirklichkeit zu gewinnen. Die Klassifikationen und Begriffe, die sie an ihren Forschungsgegenstand heranträgt, sind jedoch immer menschliche Schöpfungen und unterliegen veränderlichen Idealvorstellungen. Am Beispiel des 19. Jahrhunderts lässt sich gut erkennen, wie auch die allgemeinen Vorstellungen über Schönheit und Hässlichkeit in der Natur von solchen wissenschaftlichen Konzepten abhängen. Dass die konkrete ästhetische Würdigung der Naturgegenstände durch eine naturkundliche Vorbildung des Betrachters stark befördert wird, war in dieser Epoche eine weit verbreitete Auffassung, die auch heute noch von vielen Menschen geteilt wird. Der dänische Physiker und Naturphilosoph Hans Christian Oersted sprach 1851 vom „wissenden Schauen“, das nur der Naturforscher in einem hohen Maße erreichen kann – nur ihm entblättert die Natur ihre Schönheit in Gänze.

Ein Ausdruck ästhetischer Ideale ist manchmal auch die Wahl von Ordnungsschemata. Nicht immer sind diese dem Gegenstand angemessen, wie in dieser Abteilung das Beispiel des Tier-Stammbaums *OneZoom* zeigt, der fraktale Strukturen nachahmt. Die Zoombarkeit des Stammbaums endet zwangsläufig mit den einzelnen Tierarten, während eine fraktale Geometrie wie die Mandelbrot-Menge gerade dadurch ausgezeichnet ist, dass sie unendlich viele, immer kleiner werdende Verästelungen besitzt.





GATTUNGS-IDEAL

„Viele Amphibien sind hässlich, weil sie Land- und Wassertiere zugleich sind“, schrieb der Philosoph Karl Rosenkranz in seiner *Ästhetik des Hässlichen* 1853. Die Gattungen der Lebewesen stellte man sich in der idealistischen Naturphilosophie als Verwirklichungen von Ideen vor, die in der Natur selbst liegen. Eine Art, die ihrem Gattungsbegriff nicht angemessen ist, wurde daher als ästhetisch hässlich aufgefasst. Die Fledermaus als Säugetier mit Flügeln, der Affe als Mittelding zwischen Tier und Mensch oder das Schnabeltier als scheinbare Mischung ganz unterschiedlicher Tierklassen waren die vielzitierten Beispiele hierfür.



GROSSE HUFEISENNASE

Zoologische Sammlung

MEHLSCHWALBE

Zoologische Sammlung

BAUMWOLLRATTE

Zoologische Sammlung

Eine Maus mit Flügeln? Die Fledermaus galt der idealistischen Naturphilosophie als ein Hauptbeispiel für Hässlichkeit im Reich der Tiere: „Sie gehört zu den Säugetieren und hat doch eine falsche Ähnlichkeit mit den Vögeln“, schrieb 1851 der dänische Physiker Hans Christian Oersted.





GROSSER ABENDSEGLER

Zoologische Sammlung

Der Große Abendsegler bewohnt Baumhöhlen und fängt in der Dämmerung Insekten im Flug. Obwohl Fledermäuse als hässlich gelten, könne der Mensch sie als Teil der „Schönheitsharmonie des Ganzen“ wahrnehmen, wenn er ihren Platz in der Natur nur gründlich verstanden und vor dem inneren Auge habe, so Hans Christian Oersted.



AUSTRALISCHES SCHNABELTIER

Zoologische Sammlung

Als im 18. Jahrhundert das erste Fell eines Schnabeltiers nach Europa gelangte, hielt man es für eine Fälschung. Zu abstrus erschien die Vorstellung eines Säugetiers mit Schwimmhäuten und Schnabel, das Giftsporne besaß und angeblich auch noch Eier legte. Fortan galt es als Paradebeispiel eines missglückten Mischwesens.



JUNGER ORANG-UTAN

Zoologische Sammlung

DORYPHOROS VON POLYKLET

Abguss-Sammlung der Klassischen Archäologie

Für den Tübinger Ästhetik-Professor Friedrich Theodor Vischer war der Affe „ein verunglückter vorläufiger Versuch der Natur, es vom Tiere zum Menschen zu bringen“, wie er 1837 schrieb. Galt der Mensch auch in ästhetischer Hinsicht als Krone der Schöpfung, so war der Affe in seinem menschenähnlichen, doch moralfreien Gebaren für das 19. Jahrhundert eine sinnliche Provokation.







ZWISCHEN-REICHE

Einen besonderen Reiz entfalten Hervorbringungen der Natur, die ästhetisch zwischen den Reichen der Minerale, Pflanzen und Tiere changieren: eine Stabheuschrecke, die sich als Pflanzenstängel tarnt; ein Mineral, das aussieht wie Moos. Folgt man den Ästhetiktheoretikern des 19. Jahrhunderts, müssten solche Grenzerscheinungen allesamt hässlich sein. Der Mineraloge Friedrich Hausmann war aber im Gegenteil sehr angetan etwa von der Ästhetik versteinerter Ammoniten. Der Ammonit vereint die Existenzform unorganischer Natur mit seiner zum Tierreich zugehörigen Gestalt und der farbig glänzenden Oberfläche, die im Sedimentgestein teilweise bis heute erhalten ist. Für Hausmann sind Ammoniten deshalb ein Beleg für die offenbar nicht selbstverständliche Tatsache, dass der Natur schon lange vor dem Zeitalter des Menschen Schönheit gegeben war.



OKENIT MIT MORDENIT

Fundort: Poona, Indien

Mineralogische Sammlung

FRUCHT UND FRUCHTFASERN DES KAPOK-BAUMS

Herbarium Tubingense

HERMELIN IM WEISSEN WINTERFELL

Zoologische Sammlung

Ein verschimmelter Stein? Pflanzensamen im Fellkleid? Die Fruchtfasern des Kapok-Baumes lassen an Schurwolle denken, die haarfeinen Kristalle des Minerals Okenit an Schimmelpilz. Gerade die ästhetische Vermischung der Naturreiche macht den besonderen Reiz dieser Objekte aus.





ARAGONIT IN DER VARIATION EISENBLÜTE

Fundort: Eisenerz, Steiermark

Mineralogische Sammlung

Es sieht aus wie eine Koralle, ist aber kein Lebewesen: Das Mineral Aragonit in der Variation Eisenblüte entsteht in unterirdischen Hohlräumen aus Sickerwasser, ähnlich wie Tropfsteine. Kurioserweise besteht das Skelett lebender Steinkorallen auch aus Aragonit – eine zufällige Laune der Natur.



WAVELLIT

Fundort: Jesserville, Arkansas
Mineralogische Sammlung

Die strahlenförmige Anordnung dünner Wavellit-Kristalle um zentrale Kugelformen erinnert an Ananas-Scheiben oder Blüten, die auf dem Trägergestein wachsen. Das Innere der Wavellit-Kugeln besteht aus einer ähnlich kristallinen Struktur, wie an einigen Stellen dieses Exemplars zu sehen ist.



GRÜNER PYROMORPHIT

Fundort: Wildschapbach, Schwarzwald
Mineralogische Sammlung

Das Mineral Pyromorphit kommt in großen Kristallformen, aber auch in organisch anmutenden Aggregaten vor. Vorherrschend sind grüne, braune und gelbe Farbtöne. Bei diesem Fundstück erkennt man erst auf den zweiten Blick, dass es sich bei dem grünen Überzug nicht um Moos handelt.

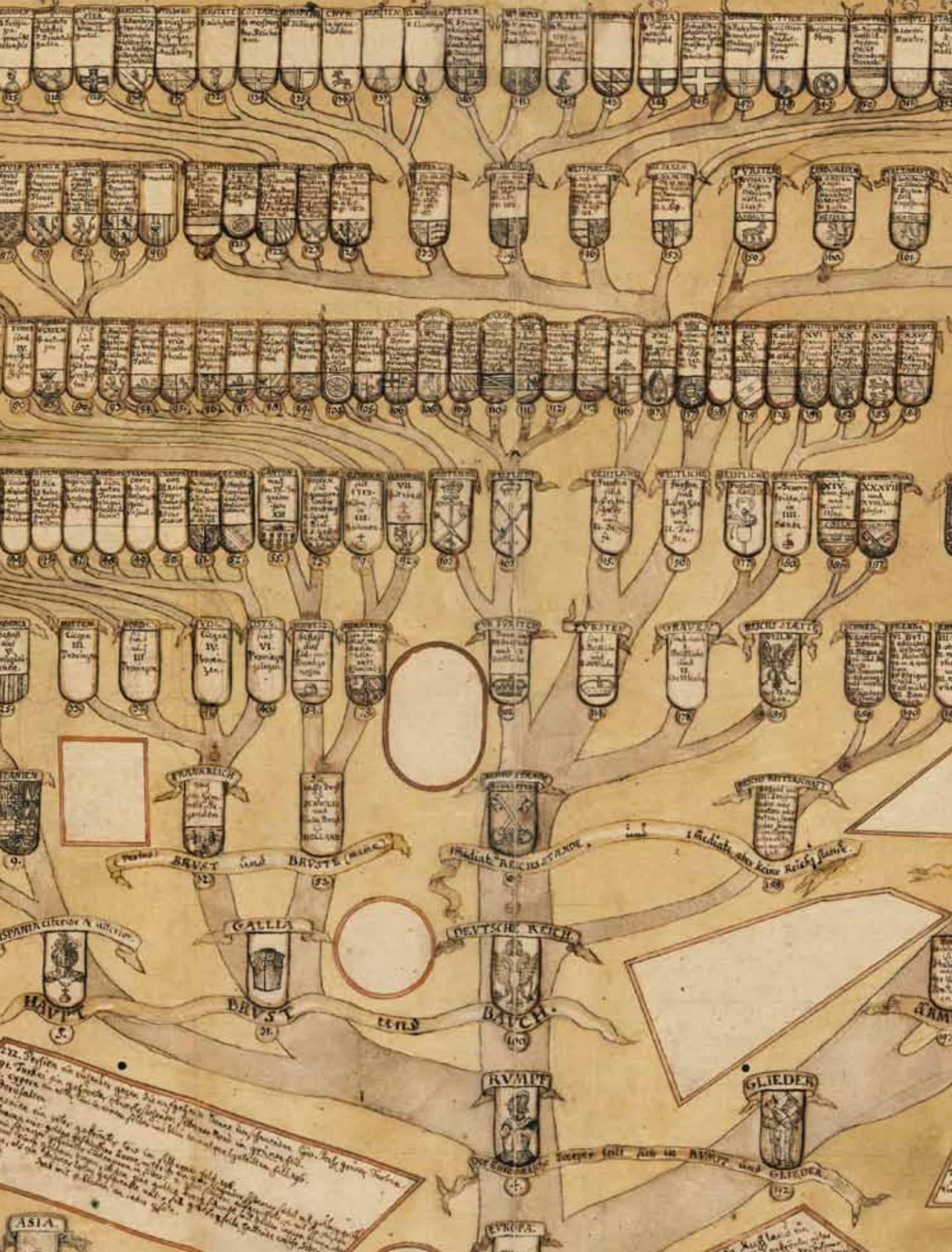


CHRYSOTIL

Fundort: Südtirol, Italien

Mineralogische Sammlung

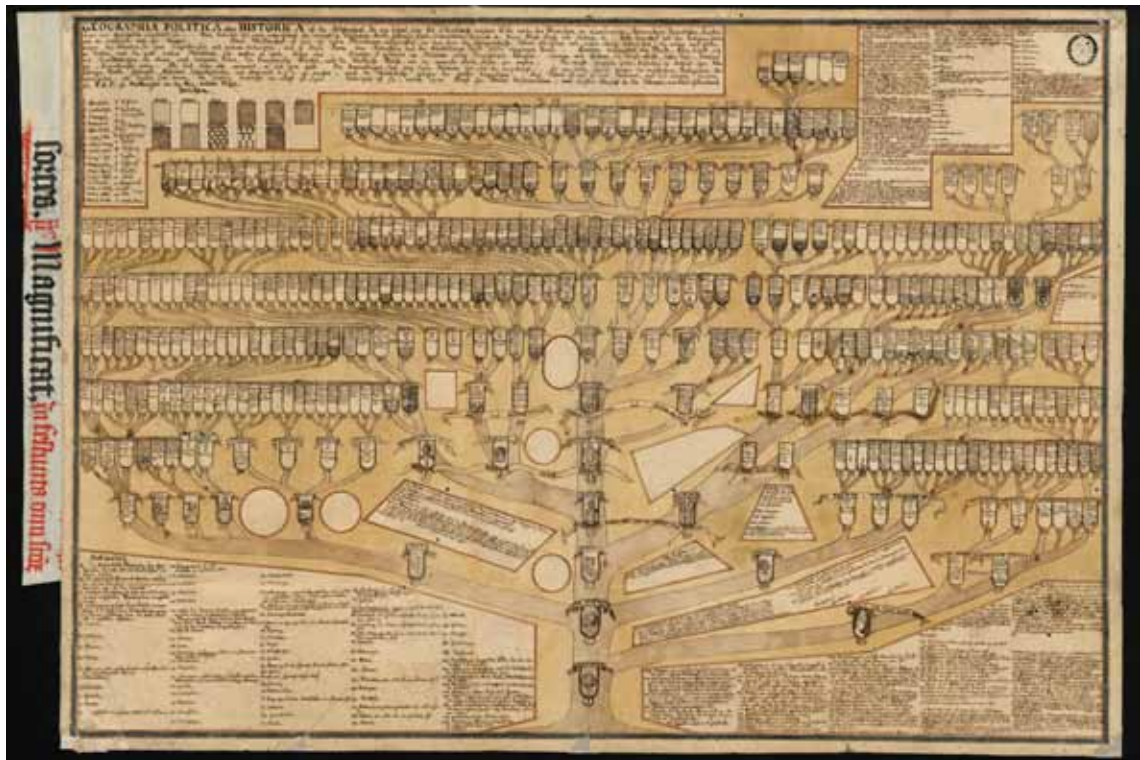
Chrysotil ist zusammen mit ähnlichen Mineralen unter der Sammelbezeichnung „Asbest“ bekannt. Er bildet Faserstrukturen, die an pflanzliche Stoffe erinnern. Das ausgestellte Exemplar hat eine frappierende Ähnlichkeit mit einem Stück Totholz.





ORDNUNGS-IDEAL

Ordnungssysteme klassifizieren die Vielfalt der Dinge nach definierten Kriterien und schaffen so auch einen Erkenntniszugang zum Forschungsgegenstand. Die Art der Systeme – Hierarchie, Tabelle, Netzwerk – ist in der Geschichte der Wissenschaft jedoch gewissen Moden unterworfen, die auch ästhetisch motiviert sind. Nicht immer sind Ordnungs-Ideale daher dem Gegenstand angemessen. Eine hierarchische Baumstruktur zum Beispiel erlaubt keine Querverbindungen und ist deshalb nicht geeignet, um die historische Dynamik einer politischen Landkarte nachzuzeichnen. Dennoch wurde sie hierfür benutzt, wie die Tafel aus dem Jahr 1760 zeigt. Die Klarheit und Schönheit der hierarchischen Ordnung reduzierte hier die Komplexität der Wirklichkeit, schuf aber nur eine vermeintliche Einfachheit, die es in der Realität so nicht gab.

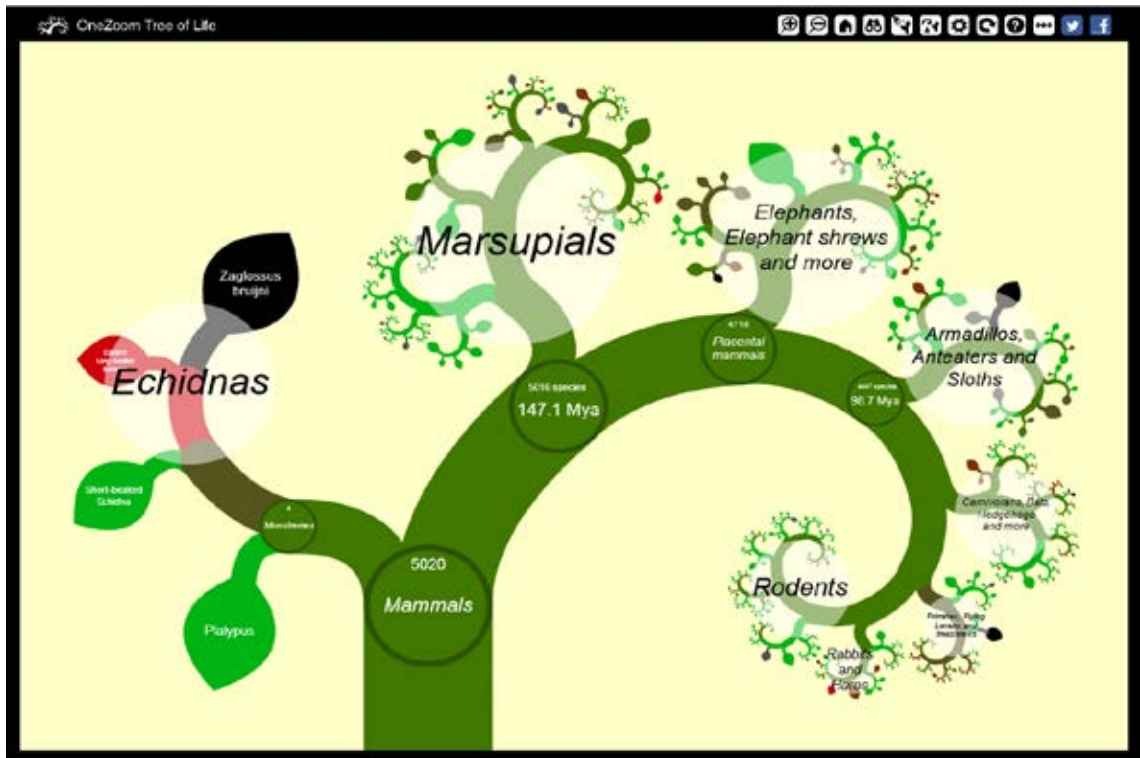


DARSTELLUNG DER POLITISCHEN GEOGRAPHIE ALS STAMMBAUM

1760

Universitätsbibliothek Tübingen

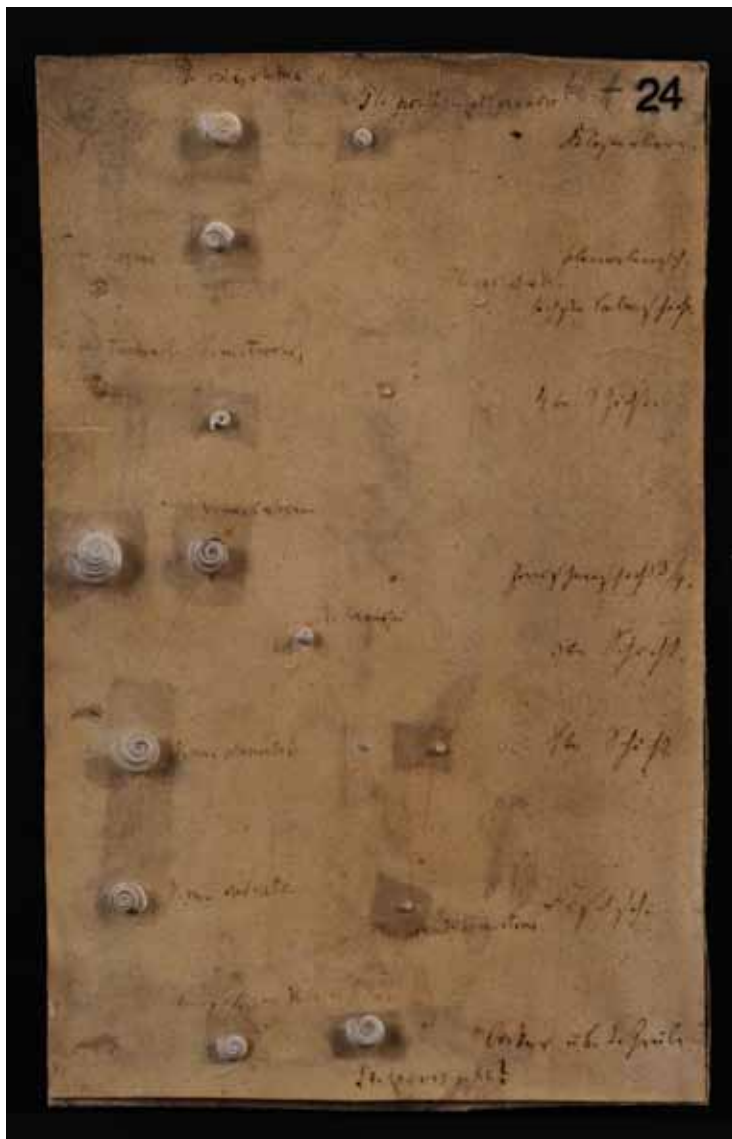
Die Karte zeigt die politische Geographie der im Jahre 1760 bekannten Welt in Form eines Stammbaums. Die Gliederung in Länder wird durch die Baum-Metapher als organisch gewachsen dargestellt. Dieses Ordnungssystem kann aber nichthierarchische Vorgänge wie den Wechsel von Ländereien in andere Herrschaftsgebiete nicht abbilden.



ONEZOOM - STAMMBAUM DER SÄUGETIERE IN FRAKTALER STRUKTUR

James Rosindell und Luke Harmon
www.onezoom.org

Eine zeitgenössische Variation der Stammbaum-Metapher realisierten Biologen im Projekt *OneZoom Tree of Life*: Sie entwickelten ein Computerprogramm, das die Systematik von Tierklassen in Form eines fraktalen Baumes zoombar macht. Jeder Ast verzweigt sich immer weiter, bis am Ende Blätter die einzelnen Tierarten repräsentieren.



STAMMBÄUME DER FOSSILEN SCHNECKE GYRAULUS MULTIFORMIS

1863 und 1877 | Franz Hilgendorf | Fundort: Steinheim am Albuch
Paläontologische Sammlung

In seiner Tübinger Dissertation von 1863 rekonstruierte Franz Hilgendorf die genealogische Entwicklung der fossilen Süßwasserschnecke *Gyraulus multiformis* anhand der Gehäuseform. Diese Arbeit war der erste paläontologische Beleg für Darwins Evolutionstheorie und stieß bei den Zeitgenossen teilweise auf heftigen Widerstand.

BILD
SCHÖN

Maria Coors

Der enorme Einfluss, den Bilder auf unser Denken und Fühlen haben, ist kaum zu überschätzen. Die Wissenschaft bringt Bilder und Artefakte hervor, die unsere Vorstellungen über die Beschaffenheit der Welt prägen. Und nicht selten wirken solche Bilder auch auf die Wissenschaft selbst zurück. Insbesondere Rekonstruktionen von Gegenständen, die nicht oder nicht mehr in ihrer ursprünglichen Gestalt greifbar sind, führen manchmal zu ganz neuen Konstruktionen. Die Objekte müssen ergänzt oder neu zusammengesetzt werden. Aber wie macht man sich zum Beispiel ein Bild eines Tieres, das seit Millionen von Jahren ausgestorben ist oder auf der anderen Seite der Erde lebt? Wo gesichertes Wissen aufhört, sind Assoziation und Vorstellungskraft gefragt. Ein schönes Bild entsteht. Aber auch hier zeigt sich, dass die Ideale des Schönen und die Suche nach dem Schönen sich gegenseitig beeinflussen: Die Bilder und Konstruktionen, die die Wissenschaft entwirft, prägen ihrerseits unser ästhetisches Empfindungsvermögen. Präparate wie das Reh in scheinbar natürlicher Umgebung dominieren unsere Vorstellung von diesem Tier und überlagern sogar die möglichen visuellen Erfahrungen, die wir bei der Beobachtung von Rehen in der Natur machen können. Versteinerte Skelette von urzeitlichen Tieren wurden häufig nach ästhetischen Kriterien zusammengesetzt. Dabei stellte man lieber ein schönes Bild aus Teilen ganz unterschiedlicher Skelette zusammen, als sich mit einem unvollständigen, ästhetisch minderwertigen Fragment zufrieden zu geben. Der Kiwi ist ein anschauliches Beispiel dafür, wie ein Fantasienvogel entsteht, wenn Wissenschaftler aus einem fleischlosen Balg eines Tieres, das sie niemals gesehen haben, ein Präparat konstruieren. Hier wird das Bekannte zum Maßstab des Schönen, das sich in den Prozess des wissenschaftlichen Arbeitens schleicht.



REH IM GETREIDEFELD MIT KORNBLUMEN UND KLATSCHMOHN

Mitte 20. Jahrhundert

Zoologische Sammlung

Bis heute steht in vielen Naturkundemuseen ein Reh in ähnlich stilisierter Umgebung wie bei diesem Tübinger Exponat. Die Art der Darstellung beeinflusste das Bild von heiler und schöner Natur vieler Besucher und wurde künstlerisch oft reproduziert.



SEELILIE AUS DER POSIDONIENSCHIEFER-FORMATION AUF DEM KOPF

Paläontologische Sammlung

Fossilien werden oft wie Kunst behandelt. Das kann auch die wissenschaftliche Bearbeitung beeinflussen. Die Seelilie war zwar ein Tier, ihre Krone wuchs nach unten, die Hängung ist hier jedoch so angebracht, dass sie wie eine Blume nach oben zeigt. Erst später hat man die Beschriftung in korrekter Ausrichtung des Exponats angebracht.



HISTORISCHES PRÄPARAT EINES KIWI

19. Jahrhundert

Zoologische Sammlung

Ohne Fleisch wurde dieser Kiwi von Forschern aus Neuseeland in die alte Heimat gesandt. Die Gestalt des Vogels stellte man sich s-förmig geschwungen vor, möglicherweise in Anlehnung an heimische Entenvögel.



ZWEI MODERNE PRÄPARATE AUS EINEM KIWI

Präparator: Jürgen Rösinger

Zoologische Sammlung

Dieser Kiwi wurde gleich doppelt rekonstruiert: Am Skelett sind auch der originale Schnabel und die Füße befestigt. Aus der Haut mit den Federn ist eine zweite Rekonstruktion entstanden mit nachgebildeten Füßen und Schnabel aus Kunststoff.

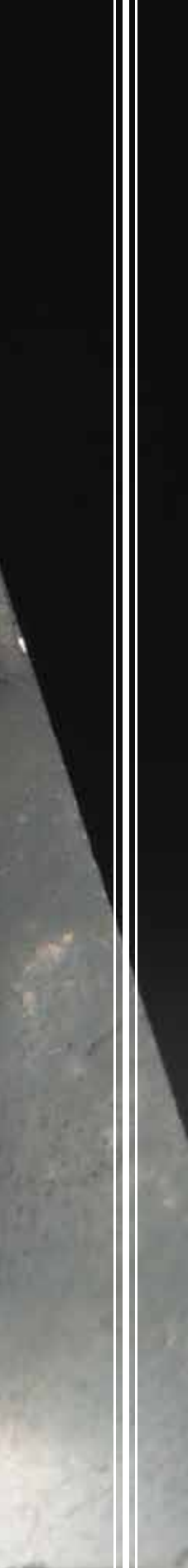
SCHÖNE THEORIE

Maria Coors

Eine Kategorie der Schönheit von Gegenständen liegt in der wissenschaftlichen Erkenntnis dieser Dinge selbst. Was sich systematisieren lässt, einem klaren Schema folgt, ist einfacher zu begreifen. Wissenschaftliche Erkenntnis strebt nach einfachen, schönen Theorien zur Erklärung ihrer Gegenstände. Zugleich findet sie in den Gegenständen Regelmäßigkeiten, die als schön empfunden werden. Das Konstruieren eines Schemas und das Erkennen seiner Bestandteile bedingen sich dabei wechselseitig. In den Naturwissenschaften gibt es viele Beispiele dafür, dass Theorien sich durchsetzen, weil sie schön sind. Die heliozentrische Theorie des Kopernikus etwa hatte sich längst etabliert, als 1728 James Bradley den ersten empirischen Nachweis dafür erbrachte. Der Kanon des Polyklet, in dem er die idealen Maßverhältnisse des menschlichen Körpers beschreibt, ist eine auf die Natur bezogene, aber nicht aus ihr gewonnene Abstraktion. Sie beeinflusste die künstlerisch schöne Darstellung des Menschen seit der Antike. Die Suche nach Schönheit kann auch der Ausgangspunkt von wissenschaftlicher Theoriebildung sein. So stand am Anfang der weltbewegenden Forschung Albert Einsteins die Asymmetrie zwischen den schönen Theorien von James Clerk Maxwell und Isaac Newton.

Zur Beschreibung der Schönheit von Theorien eignen sich am ehesten die Begriffe der epistemischen Einfachheit oder Symmetrie. Für schöne Theorien gilt dann Ähnliches wie für schöne Dinge: wir finden Bauwerke schön, in denen spiegelsymmetrische Prinzipien zur Anwendung kommen. Ebenso spielt Symmetrie in der Wahrnehmung von schönen Gesichtern schon im Säuglingsalter eine Rolle. Dennoch besteht ein Unterschied zwischen den beiden Schönheitsbegriffen. Eine schöne Landschaft etwa besticht gerade nicht durch Symmetrie oder Regelmäßigkeit, hier bestimmen andere Merkmale ihren ästhetischen Reiz. Ebenso würde wohl niemand eine Kugel als das schönste Kunstwerk bezeichnen wollen, obwohl sie der Gipfel der Symmetrie ist. Hat die intellektuelle Schönheit von Theorien also wirklich etwas mit unserem sinnlichen Schönheitsempfinden zu tun?





SCHÖNHEIT DER UNBELEBTEN NATUR

Mit Kristallsystemen lassen sich seit Anfang des 19. Jahrhunderts Kristalle klassifizieren. Sie spannen einen dreidimensionalen Raum auf, in dem kristalline Körper beschrieben werden können. Die Kristallform des Würfels etwa unterliegt den Symmetriebedingungen des kubischen Systems. In diesem Kristallsystem kristallisieren zum Beispiel die Minerale Pyrit und Granat. Es werden also auf Symmetrien basierende Systeme geschaffen, innerhalb deren sich die mineralischen Formen der Natur begreifen lassen. Die schöne Theorie der Kristallsysteme und der zugehörigen Gittersysteme spiegeln die Schönheit des Forschungsgegenstandes.



GRANAT IN FORM EINES RHOMBENDODEKAEDERS

Fundort: Zillertal, Österreich

Mineralogische Sammlung

Granate, die aufgrund ihrer Verwendung zu Schmuck- und Zierzwecken auch als die Edelsteine des kleinen Mannes bezeichnet wurden, kristallisieren in verschiedenen Formen. Das zu den catalanischen Körpern gehörende Rhombendodekaeder besitzt zwölf gleich große Rhombenflächen.



KALIALAUN IN FORM EINES OKTAEDERS

Mineralogische Sammlung

Der Kalialaun kristallisiert am häufigsten als Oktaeder. Als natürlicher Kristall kommt Alaun praktisch nicht vor. Bei seiner Züchtung manifestiert sich die Natur dennoch in ihrer Regelmäßigkeit, welche die Wissenschaft in theoretisch postulierten „Naturgesetzen“ zu fassen versucht.

PYRITWÜRFEL IN MERGEL

Fundort: Navajun, Spanien

Mineralogische Sammlung

Der auch als Katzensgold bekannte Pyrit kristallisiert häufig in perfekten Würfeln. Diese besonders schöne Form hat neben dem goldenen Aussehen des Kristalls schon früh die Aufmerksamkeit des Menschen erregt.







SCHÖNHEIT DER BELEBTEN NATUR

Der Goldene Schnitt ist das Teilungsverhältnis einer Strecke, bei dem sich der größere Teil zum Ganzen wie der kleinere zum größeren verhält. Mathematisch ist das Prinzip schon seit der Antike bekannt. In der Renaissance wird es verstärkt in der Kunst angewandt. Auch in der Natur gibt es viele Formen, denen der Goldene Schnitt oder sein Verwandter, der Goldene Winkel $137,5^\circ$, zugrunde liegt. Im 19. Jahrhundert findet er Eingang in die ästhetische Theorie. Auch in dieser Ausstellung ist der Goldene Schnitt als Gestaltungsprinzip der Vitrinenvorrichtung und -beschriftung umgesetzt.



SYMMETRISCHE ANORDNUNG DER SONNENBLUMENSAMEN

Botanischer Garten

Die Samen im Blütenstand der Sonnenblume sind in Spiralen angeordnet. Dabei entspricht die Anzahl der rechtsläufigen und die Anzahl der linksläufigen Spiralen stets einem Zahlenpaar der Fibonacci-Folge. Der Grund hierfür ist die Ausformung des Blütenstands nach dem Goldenen Winkel, der auf ideale Weise ein Überlappen verhindert.



KALKGEHÄUSE EINES NAUTILUS

Zoologische Sammlung

Das schneckenförmige Gehäuse des Nautilus hat die Form einer Goldenen Spirale, die geometrisch auf Basis des Goldenen Schnitts konstruiert werden kann. Die Art des Nautilus ist heute stark gefährdet. Das liegt nicht zuletzt an der Attraktion, die seine symmetrische Schönheit auch für Sammler hat.

$$\text{rot } \vec{E} = -\dot{\vec{B}}$$

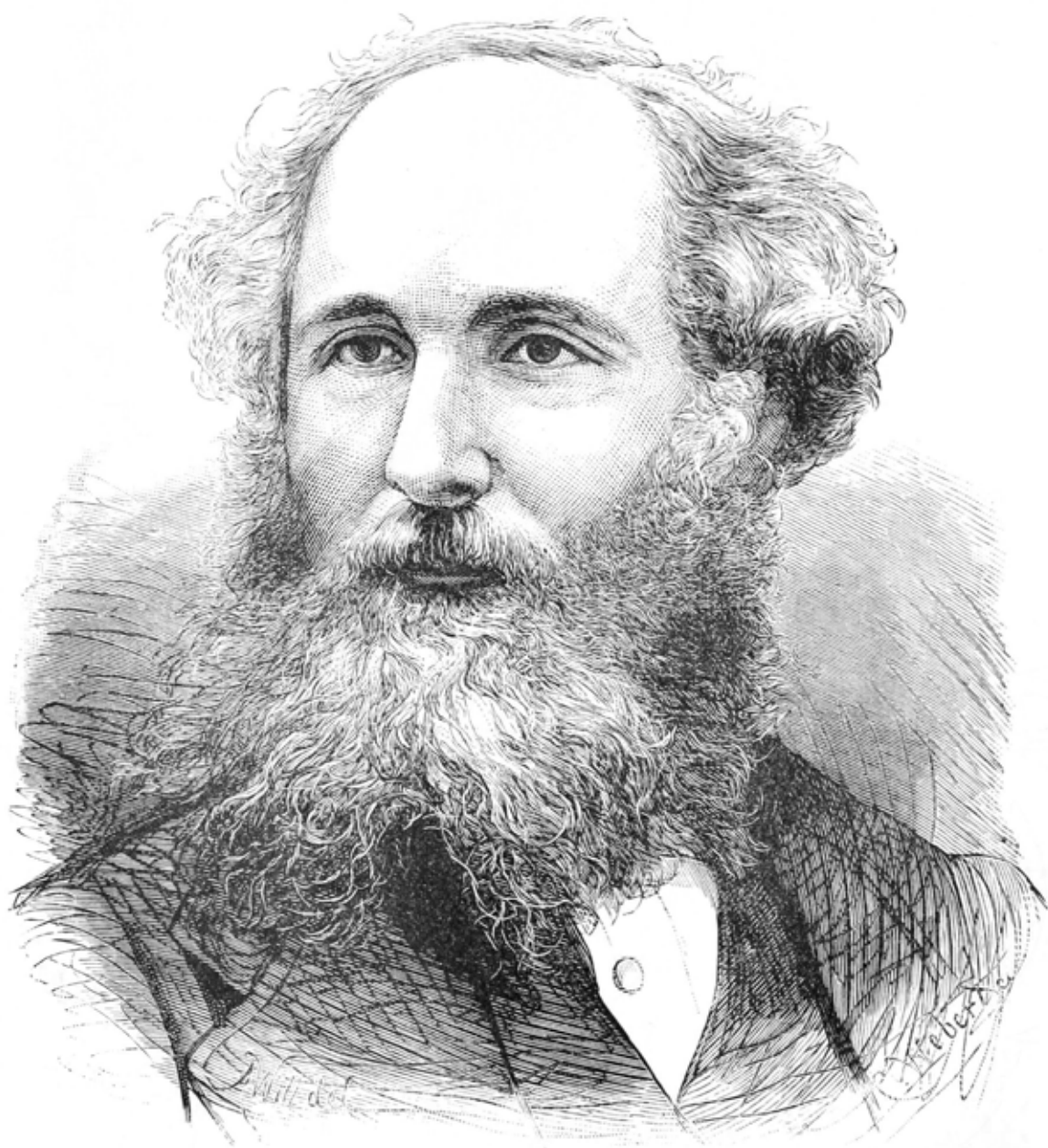
$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \dot{\vec{E}}$$

$$\text{div } \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\text{div } \vec{B} = 0$$

MAXWELL-GLEICHUNGEN - DIE SCHÖNSTEN FORMELN DER WELT

Mit diesen Formeln gelang es James Clerk Maxwell, das Zustandekommen magnetischer Felder (B) wie elektrischer Felder (E) und ihre gegenseitige Beeinflussung zu beschreiben. Hier kommt in mathematischer Form die Symmetrie zum Ausdruck, die Michael Faraday schon vorher angenommen und dann experimentell belegt hatte.



James Clerk Maxwell (1831–1879)

PRINZIP DARSTELLEN

Christian Bornefeld

Die Lehre und auch der wissenschaftliche Alltag brauchen Anschaulichkeit. Die Darstellungen nehmen dabei Formen an, deren Ästhetik einerseits dem Zeitgeist ihrer Entstehung und andererseits ihrer Zweckbindung unterworfen ist. Als Medium der Forschung dienen Darstellungen bisweilen dazu, eine Beobachtung oder Theorie zu belegen. Im Vergleich der Fachdisziplinen zeigt sich die Bandbreite der Darstellungen: vom Versuch einer objektiven Fotografie durch Minimierung perspektivischer Verzerrungen bis hin zur künstlerischen Expeditionszeichnung, die trotz der selektiven Interpretation die Grundlage der Forschung bildet. Als Medium der Lehre reduzieren Visualisierungen komplexe Sachverhalte in ein übersichtliches Schema mit modellhaftem Charakter. Auch eine hybride Nutzung kommt in der wissenschaftlichen Praxis vor, wie am Beispiel mathematisch-geometrischer Modelle sichtbar wird, wo die Darstellung anschaulich der mathematischen Formel Form verleiht, an der wiederum neue Problemfelder erschlossen werden können.

Bedenkt man darüber hinaus, wie durch die ästhetische Bearbeitung Glaubwürdigkeit und dadurch wissenschaftliche Erkenntnis erzeugt wird, so hat jede Zeit darauf eine eigene Antwort entwickelt, die allerdings nur in dieser Zeit funktionierte und aus ihr heraus zu verstehen ist, da sie vornehmlich auf Sehgewohnheiten und damit auf das ästhetische Empfinden der Zeitgenossen reagiert. Die Zeichnung eines geöffneten Leichnams mit gebundenen Händen erscheint aus heutiger Sicht makaber, entsprach aber dem wissenschaftlichen Anspruch, die Szenerie naturgetreu und vermeintlich authentisch wiederzugeben. Ein anderer Indikator für die Zeitgebundenheit drückt sich in der gewandelten Bedeutung der handwerklichen Modelle aus, die, bereits von digitalen Modellen abgelöst, nun von ihrem ursprünglichen Gebrauch entbunden, vielmehr die Qualität von künstlerischen Plastiken haben.



Trübingen

Stiftskirche, l. h. m.

Apostelskulpturen





ÄSTHETIK DER MEDIEN

Wissenschaft braucht Bilder, sowohl für die Forschung als auch für die Lehre. Ziel der Bilder ist es einerseits, wissenschaftliche Beobachtungen zu dokumentieren, zugleich sollen Bilder überzeugen und Evidenz produzieren. Es wird ein objektiver Ein- oder Überblick suggeriert, der als glaubwürdiger Ausgangspunkt für Lehre und Forschung dienen kann. Die Form der Darstellungen richtet sich dabei auch nach dem ästhetischen Empfinden der jeweiligen Zeit und der Zielgruppe. Dementsprechend groß ist die Bandbreite ästhetischer Formfindungen: von drastischen Darstellungen in historischen Anatomie-Atlanten bis hin zu Expeditionszeichnungen, die in ihrer Ausführung bisweilen an Genremalerei erinnern.



ARCHITEKTURFOTOGRAFIE AUS ERHÖHTER PERSPEKTIVE

1880–1930

Fotoarchiv Weise

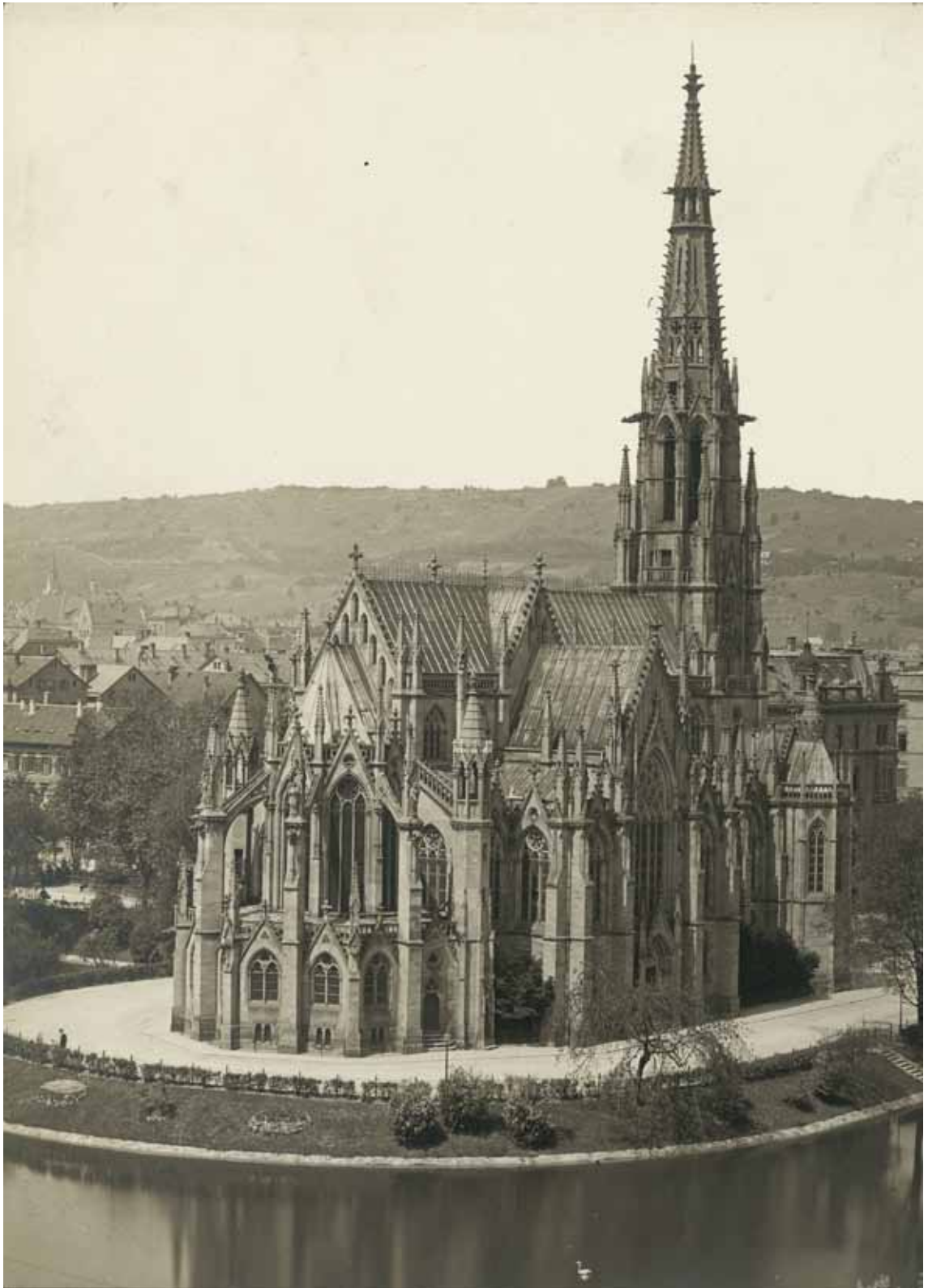
Straßburger Münster

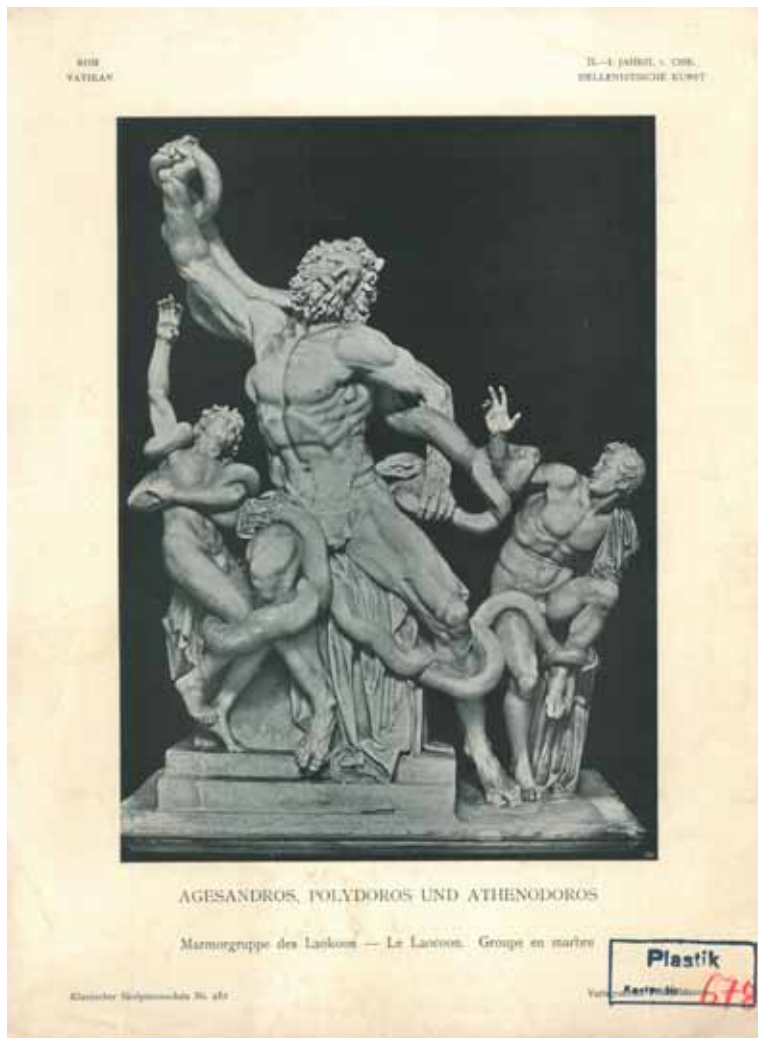
Fotograf: Ludwig Schaller

Stuttgarter Johanniskirche

Fotograf: Ludwig Schaller

Die Wahrnehmung von Architektur wird von unserem natürlichen Standpunkt im Raum bestimmt, wodurch die Perspektive verzerrt wird und Proportionen verfälscht wirken. In der wissenschaftlichen Praxis wurde daher der Standpunkt des Besuchers verlassen und ein vermeintlich neutraler, objektiver Überblick angestrebt.

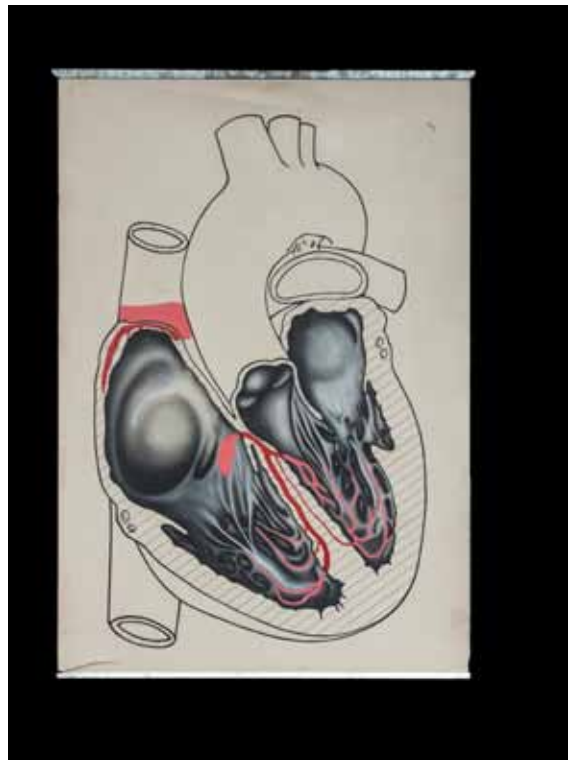




ÄSTHETISCHE REKONSTRUKTIONEN DES LAOKOONS

Fotosammlung der Klassischen Archäologie

Laokoon fehlte bei seiner Entdeckung der rechte Arm. Dieser wurde von Zeitgenossen in heroischer Pose in einer ausgestreckten Haltung rekonstruiert. Erst nach dem Fund des originalen, jedoch abgewinkelten Armes durch Ludwig Pollak im Jahr 1905 wurde der historisch korrekte Fund 1960 ergänzt.



LEHRTAFELN DER ANATOMIE MIT DARSTELLUNG DES HERZENS

1970 und 1990

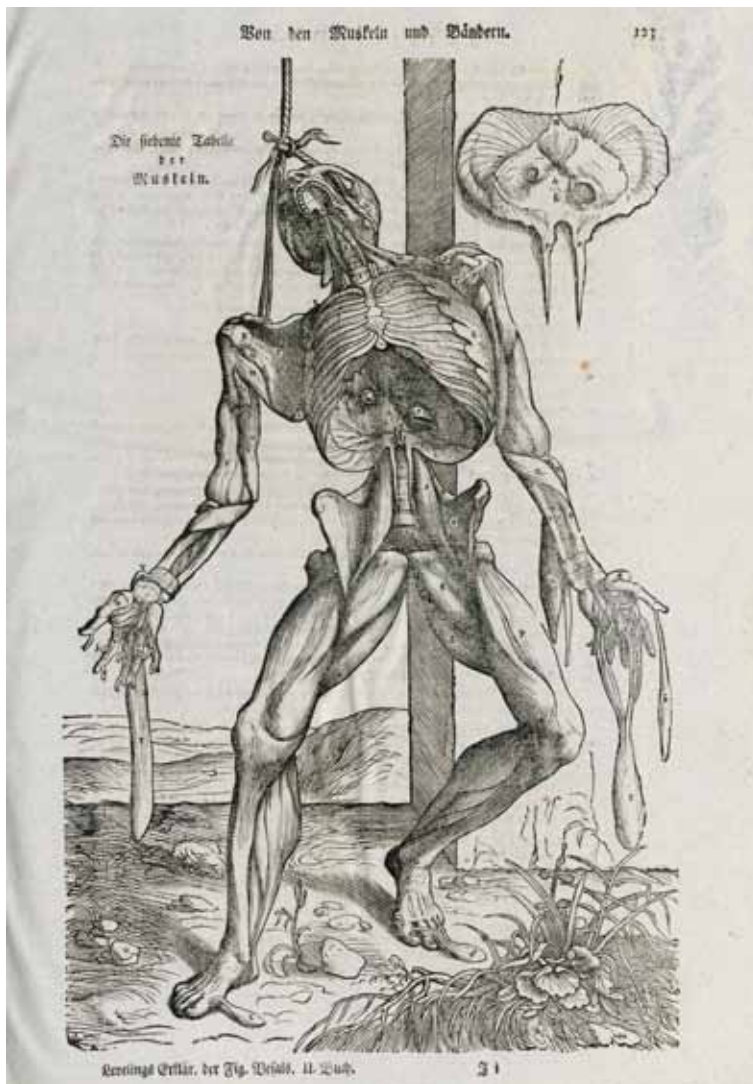
Anatomische Sammlung

Die beiden Tafeln illustrieren, wie sich die Darstellung einzelner Körperteile innerhalb weniger Jahrzehnte verändert hat. Sowohl die gezeigten Details als auch die Technik der Abbildungen unterliegen demnach stark den zeitgenössischen Erwartungen an die Lehrtafeln und ihrer Interpretation.

EINBLICK IN DEN HÖRSAAL DER ALTEN ANATOMIE







ANATOMISCHE ERKLÄRUNG DER ORIGINAL-FIGUREN VON ANDREAS VESAL

1783

Universitätsbibliothek Tübingen

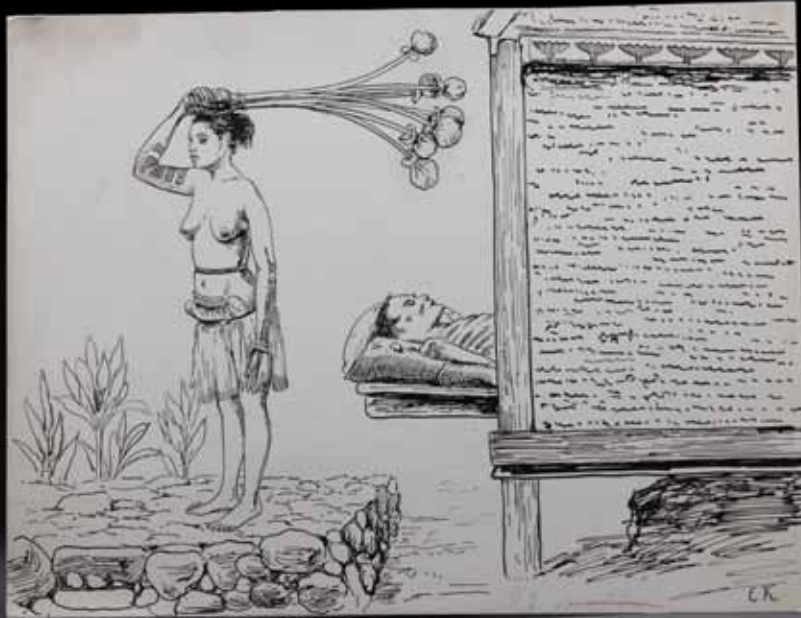
ANATOMIA HUMANI CORPORIS VON GOVARD BIDLOO

1685

Universitätsbibliothek Tübingen

Die anatomische Darstellung wird nicht separiert und isoliert, sondern im Kontext des toten Körpers dargestellt. Durch diese Form ästhetischer Darstellung soll die wissenschaftliche Glaubwürdigkeit gestützt werden, da man darum bemüht war, die Situation möglichst realistisch und naturgetreu abzubilden.





EXPEDITIONSGRAFIKEN VON ELISABETH KRÄMER-BANNOW

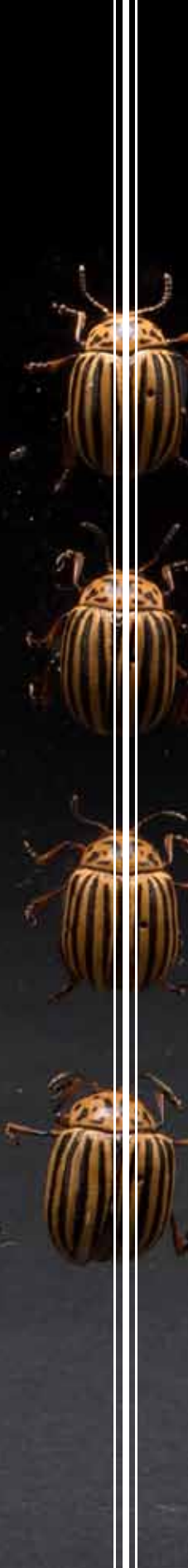
1911

Ethnologische Sammlung

Die Expeditionsgrafiken unterliegen der subjektiven Wahrnehmung der Zeichnerin, die zudem einige nicht unmittelbar, sondern nach Skizzen oder aus dem Gedächtnis fertigte. Dennoch dienten sie als Belege und Ausgangspunkte für eigene und für andere wissenschaftliche Publikationen.







SERIALITÄT

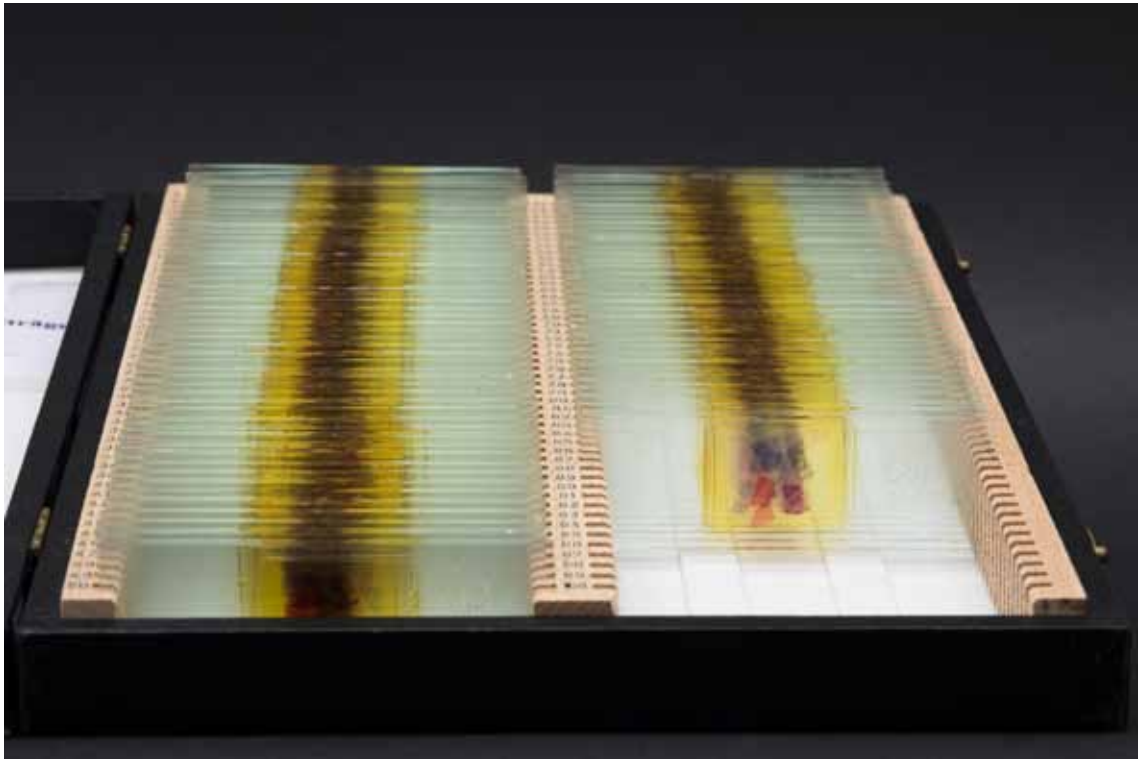
Werden Gegenstände verglichen, so versucht man sie zunächst zu ordnen. Erst durch die Reihung von ähnlichen Objekten werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede, Wiederholung und Variation deutlich nachvollziehbar. Auf dieser Grundlage kann man Gesetzmäßigkeiten erschließen und ein typologisches System entwerfen. In der Lehre sind Serien von genormten oder möglichst ähnlichen Präparaten aus didaktischen Gründen unverzichtbar. Abseits ihres wissenschaftlichen Zwecks bieten Reihungen einen eigenen ästhetischen Reiz, da das Auge nach feinen Abweichungen im scheinbar Uniformen sucht.



SERIELL MONTIERTE KARTOFFELKÄFER

Zoologische Sammlung

Die Reihung der Käfer dient nicht nur als Anschauungsmaterial zur Typisierung und Bestimmung von Unterarten. Die Menge und Anordnung der Käfer in Reih und Glied folgt auch ästhetischen Gesichtspunkten und symbolisiert dabei das massenhafte Auftreten dieser Art als Schädling.



KASTEN MIT MIKROSKOPIERPRÄPARATEN EINES GEWEBES

Anatomische Sammlung

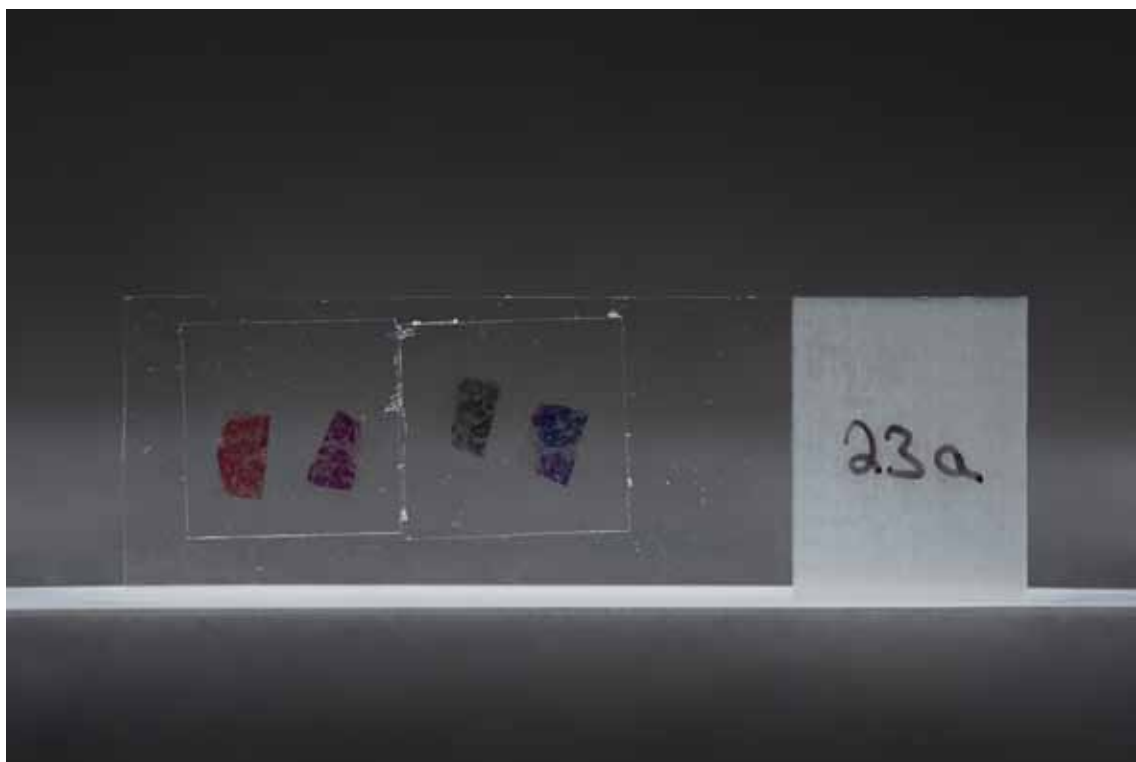
Auf den Objektträgern sind jeweils vier kleine Schnitte angeordnet, die verschiedene Färbungen aufweisen. Unterschiedliche Farben heben hier Gewebe oder Gefäßstrukturen hervor; diese können so direkt miteinander verglichen werden.



KASTEN MIT MIKROSKOPIERPRÄPARATEN ALS QUERSCHNITT VERSCHIEDENER ORGANE

Anatomische Sammlung

Der Kasten beinhaltet eine Vielzahl unterschiedlicher Präparate sowohl von Tieren als auch von Menschen und bietet einen Überblick verschiedener Organe. Die Färbungen verdeutlichen markante Merkmale des jeweiligen Organs.





HOLZBUCH „HOLZBIRNE“ AUS EINER XYLOTHEK

um 2010 | Marion und Karlheinz Miarka
Privatbesitz

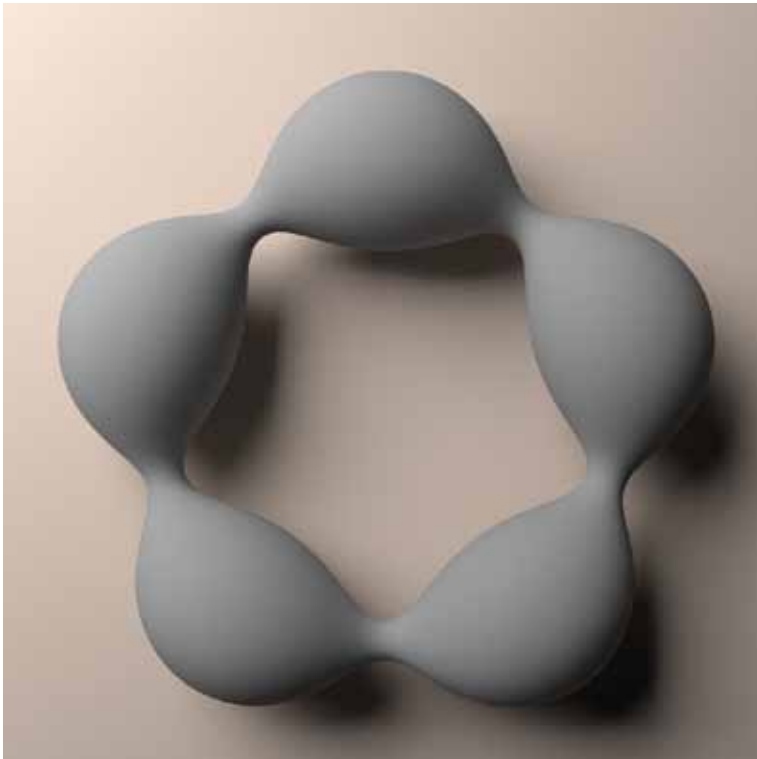
Von außen wirkt der Kasten wie ein Buch, mit der Borke der Holzbirne als Buchrücken. In seinem Inneren befinden sich Proben der Baumart, wie etwa getrocknete Blätter, Früchte oder Samen. Der Inhalt eines Baumbuches dient als Muster für die Baumart, aus dessen Holz auch der Buchkasten besteht.





FORM UND FORMEL

Was war zuerst da: Form oder Formel? Zwar können real existierende Körper in ihrer Form untersucht und mathematisch beschrieben werden, doch wie verhält es sich mit Phänomenen, die man nicht in der Natur beobachten kann? An der *Geometrie Werkstatt* der Universität Tübingen gibt es zuerst ein theoretisches Konstrukt, das noch keine Entsprechung im realen Raum hat. Verleiht man dieser Theorie eine räumliche Gestalt, dient diese der Kontrolle der Theorie und unterstützt sie heuristisch, andererseits ist sie auch ihr Endprodukt. Sie soll dabei keine beliebige Form bilden, sondern einer Reihe von Bedingungen folgen, deren Summe einen idealen Zustand ausdrückt. So sind beispielsweise die Wände unendlich dünn und die Oberfläche soll eine Minimalfläche bilden. Je näher der Korpus dem Ideal kommt, umso gleichmäßiger und schöner wird er wahrgenommen.



5-LOB-ROTATIONSTORUS

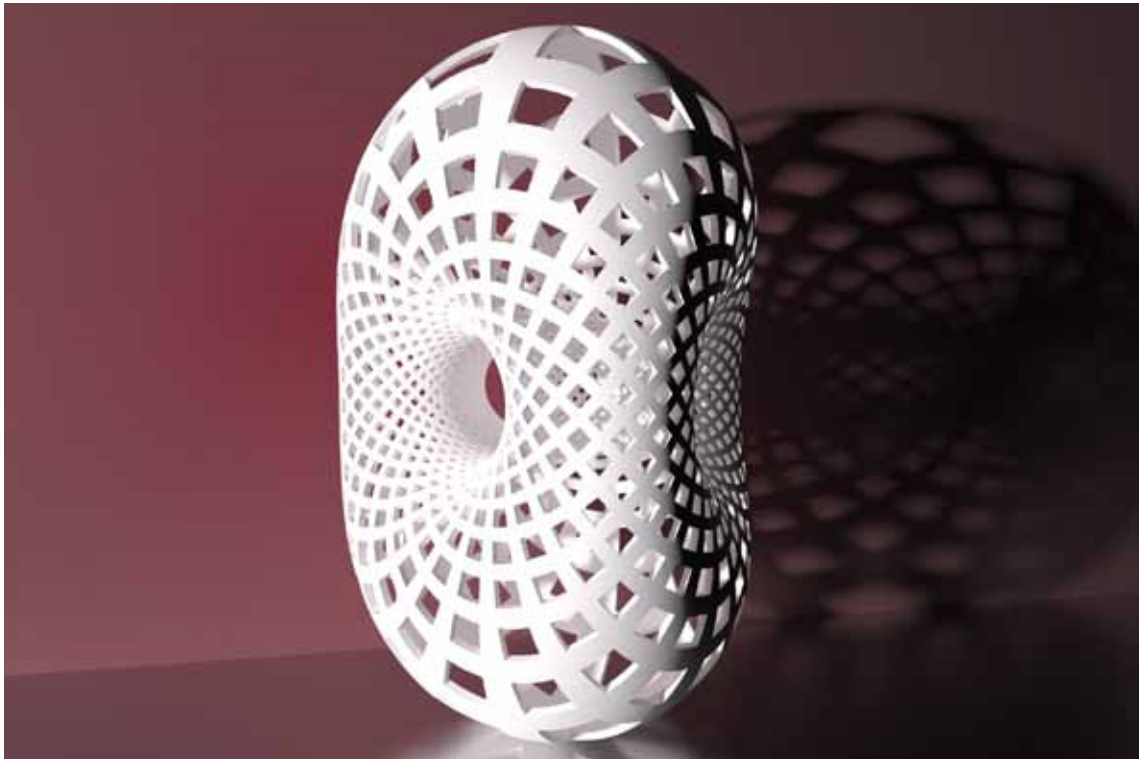
GeometrieWerkstatt

Dieser Rotationstorus besitzt eine minimale Oberfläche mit gegebenem Volumen. Man kann ihn sich verdeutlichen als elastisches Band, das schnell um einen Kreis rotiert und dadurch die fünf größeren Knoten bildet.



SEIFENBLASE

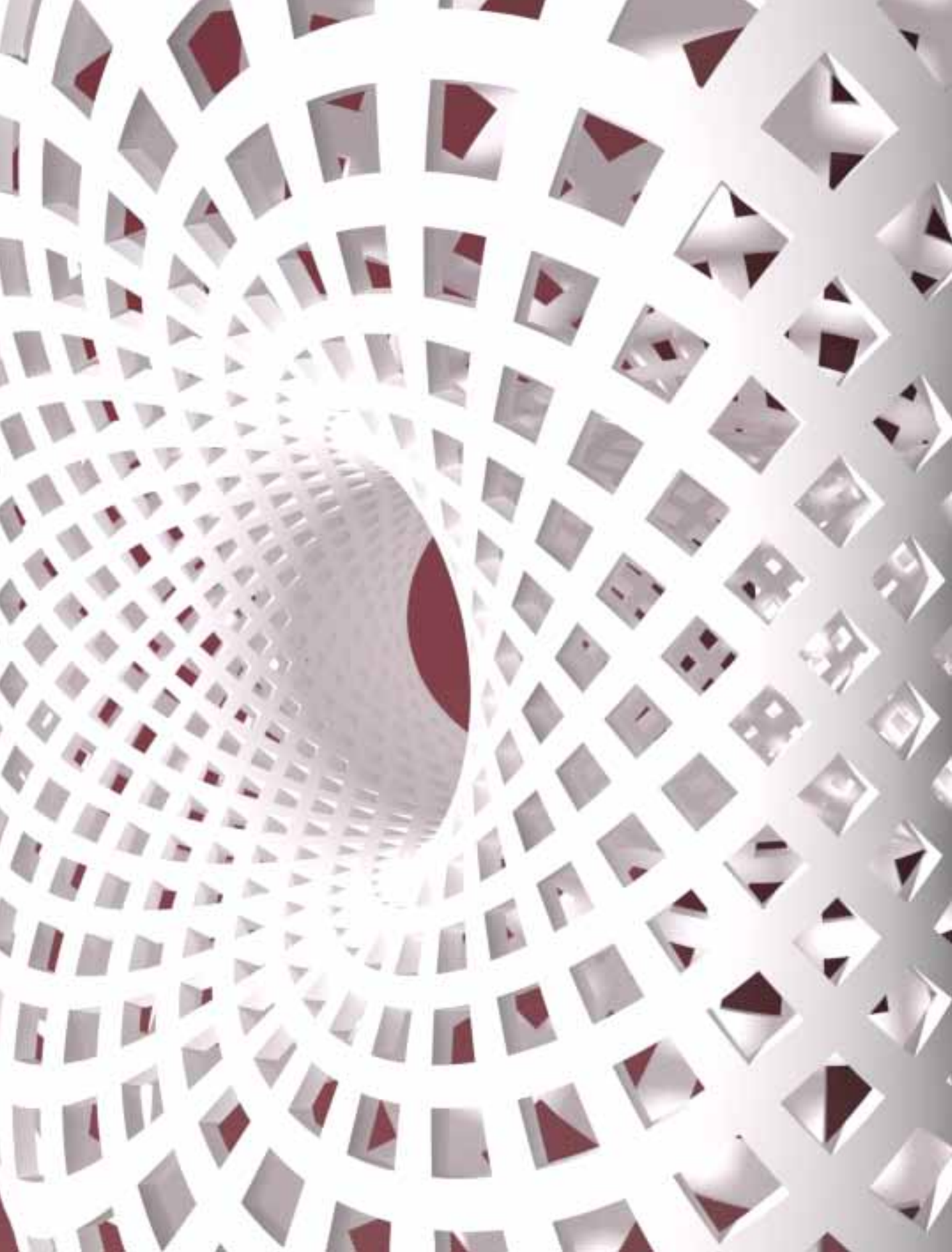
Seifenblasen kennt jeder Mensch. Weniger bekannt ist, dass jede Seifenblase die kleinstmögliche Oberfläche für ein bestimmtes Luftvolumen besitzt. Ohne Schwerkraft und Luftreibung würde sie durch die Oberflächenspannung eine ideale Kugel bilden.



LAWSON-FLÄCHE, GESCHLECHT 2

GeometrieWerkstatt

Die Lawson-Fläche ist eine Minimalfläche bei gleichbleibendem Volumen. Durch die zwei Löcher beschreibt man sie als Fläche mit dem Geschlecht 2. Die Fläche besitzt viele Symmetrien und ist durch Reflexion und Rotation von einem „Urstück“ zusammengesetzt.





Zool. Inst. Tübingen

Coel. 52

40.3

Aurelia aurita Pér.

Blaschka fec.

MODELLE

Modelle sind repräsentative, idealtypische Stellvertreter für ein komplexes Problem oder eine Klasse von realen Gegenständen. Dabei muss man immer von einer gewissen Verkürzung ausgehen, da ein Modell kaum alle Attribute des Problems oder des Gegenstands enthalten kann. Dies gilt insbesondere für Tierpräparate oder die Glasmodelle von Leopold und Rudolph Blaschka, die sich an lebenden Tieren orientieren, aber nicht mit ihnen identisch sind. Vielmehr sind sie die Interpretation eines Präparators oder Glasbläfers. Anders verhält es sich mit mathematischen Modellen und Kristall-Schemata. Hier erhalten abstrakte Formeln eine konkrete Entsprechung im realen Raum.



GIPSMODELL EINER FLÄCHE DRITTER ORDNUNG

Mathematische Sammlung

MODELL EINES ELLIPSOIDS AUS PLASTIKBAUSTEINEN

Mathematische Sammlung

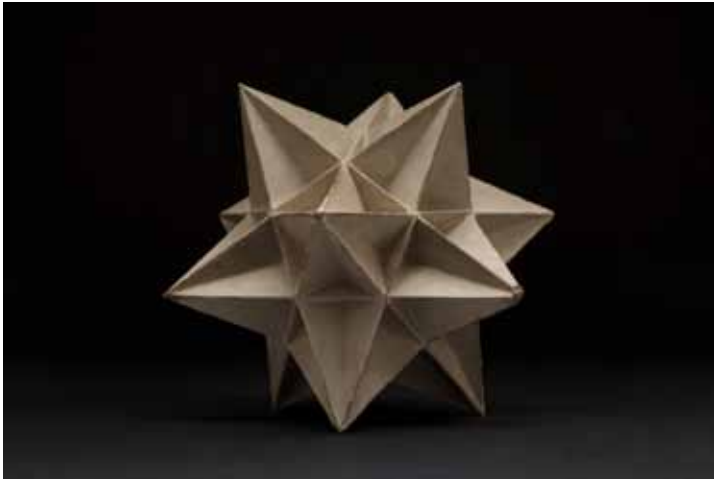
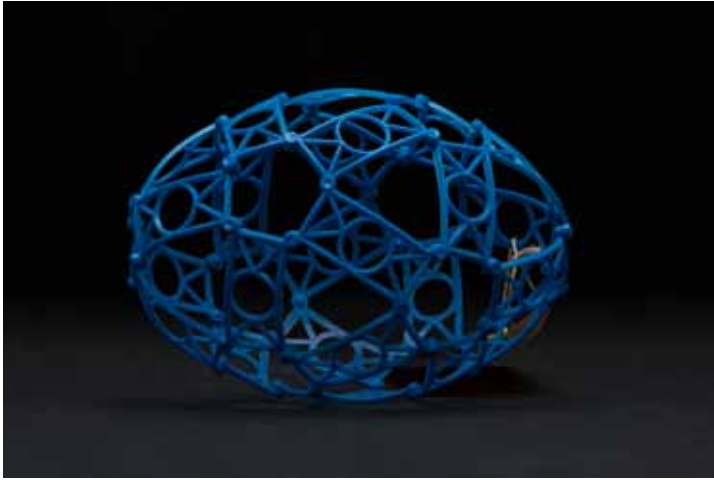
PAPPMODELL EINES STERNPOLYEDERS

Mathematische Sammlung

FADENMODELL EINER REGELFLÄCHE HÖHERER ORDNUNG

Mathematische Sammlung

An den für die Lehre konstruierten geometrischen Modellen lassen sich anschaulich mathematische Probleme erörtern. Die Modelle entstanden kurz vor einer Zeit, in der solche Darstellungen in der mathematischen Wissenschaft verpönt waren, da man sich nicht ausschließlich mit der „reinen“ Formel auseinandersetzte.





MODELLE VON KRISTALLZWILLINGEN

Mineralogische Sammlung

Kristalle wachsen von Natur aus in erstaunlich symmetrischen Formen. Selbst die orientierte Verwachsung zweier Kristalle, die Zwillingsbildung, geschieht nach festen Regeln und nur in bestimmten Winkeln. Die Pappmodelle zeigen die Grundformen solcher Kristallzwillinge auf anschauliche Weise.





PFLANZENMODELL VIOLA TRICOLOR

um 1875–1900

Herbarium Tubingense

Dieses Modell aus Holz diente in der Lehre als Anschauungsmaterial und zeigt zugleich eine vollständige Darstellung wie auch den Querschnitt einer Veilchenblüte. Schematisierung und der Anspruch auf eine dennoch genaue Darstellung liegen hier sehr eng beieinander.



GLASMODELL EINER STAATSQUALLE

um 1885 | Leopold und Rudolf Blaschka, Dresden
Zoologische Sammlung

GLASMODELL EINER OHRENQUALLE (ABB. SEITE 168)

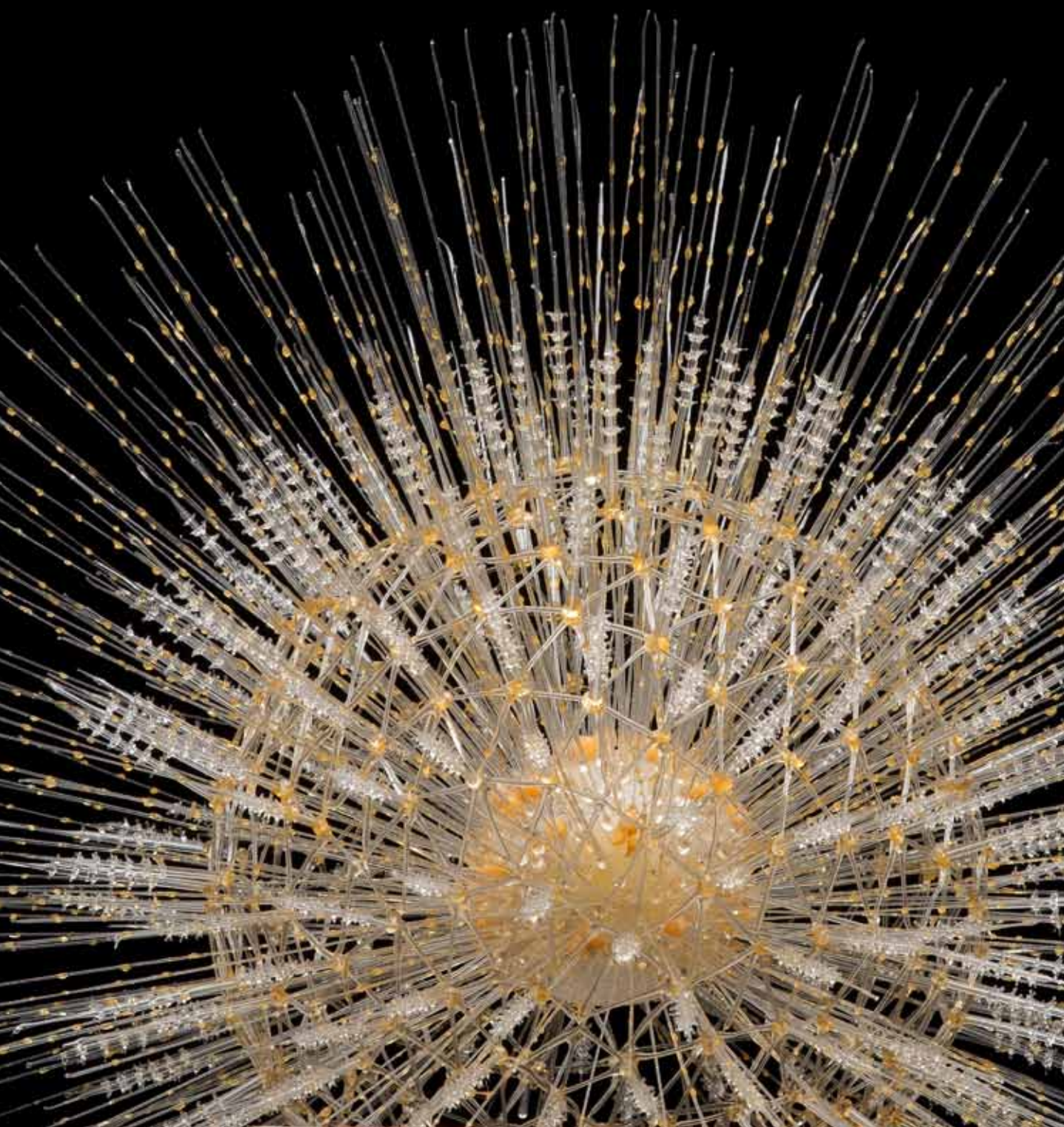
um 1885 | Leopold und Rudolf Blaschka, Dresden
Zoologische Sammlung

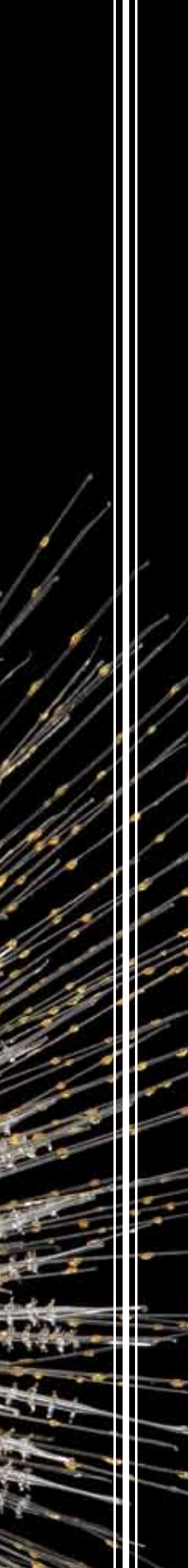
Als Anschauungsmodelle für die Lehre gebaut, erschien Glas als das angemessene Material, um die transparente Körperlichkeit der Qual-
len darzustellen. Darüber hinaus entfalten die Glasobjekte durch die
Lichtbrechung und die filigrane Arbeit eine ganz eigene künstlerische
Wirkung.

WISSEN
SCHAFFT
SCHÖNES

Sigrid Schumacher

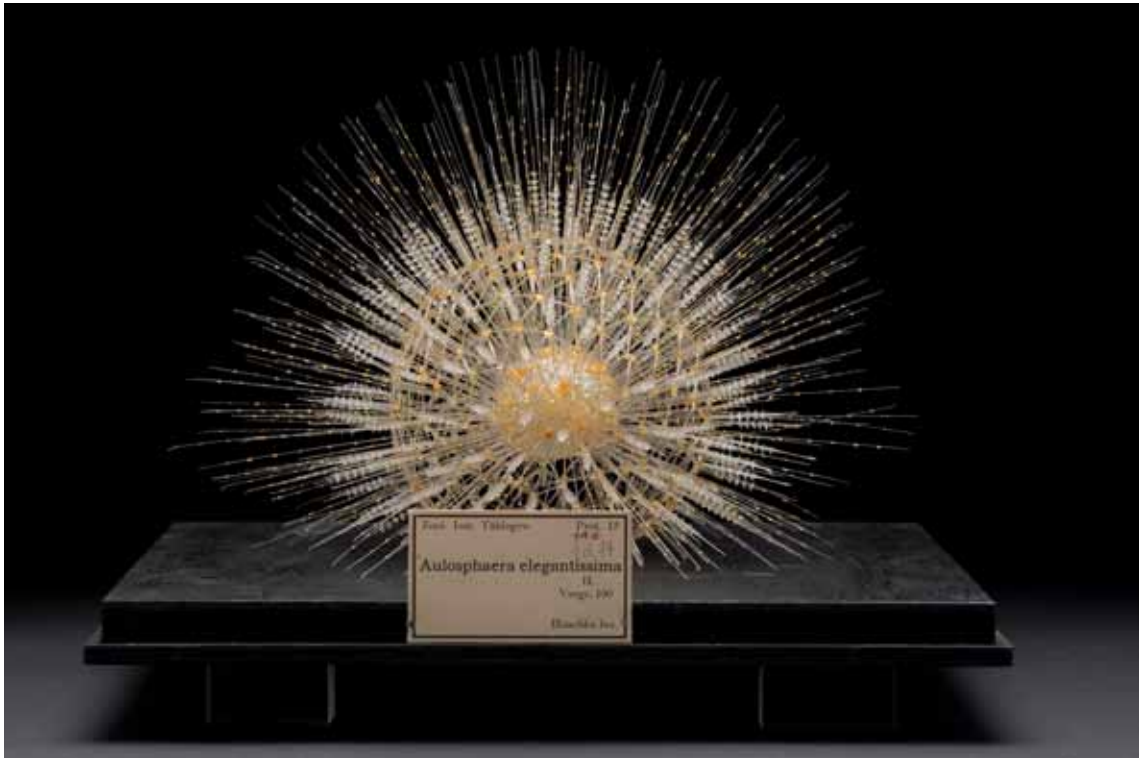
Dass sich nicht nur die Wahrnehmung von Schönerem auf das wissenschaftliche Erkenntnisinteresse auswirkt, sondern umgekehrt auch die wissenschaftliche Erkenntnis Schönes hervorzubringen vermag, liegt auf der Hand. Als einfache Beispiele seien nur die Seifenblasen oder das Kunsthandwerk des Origami genannt. Auch in der Kunst spielt Wissenschaft oft eine große Rolle. Dafür gibt es nicht nur zahlreiche historische Beispiele wie etwa die Entwicklung der Zentralperspektive, sondern es existieren auch methodische, technische und systematische Gemeinsamkeiten beider Denksphären. Heuristiken, also kreative Verfahren zur Lösung von Problemen, spielen in der Kunst wie in der Wissenschaft gleichermaßen eine Rolle. Der Philosoph Paul Feyerabend ging 1984 sogar so weit zu behaupten, die Wissenschaften seien Künste. Damit war der Kunstbegriff endgültig in die Dimension der Wissenschaft erweitert – und umgekehrt. Diese Abteilung präsentiert Beispiele aus drei Bereichen: erstens die ebenso kunstfertige wie wissenschaftlich präzise Modellbildung von „Kunstformen der Natur“. Zweitens ein Beispiel dafür, wie wissenschaftliche Themen und Probleme direkt in Ausdrucksformen zeitgenössischer Kunst überführt werden. Und schließlich das Phänomen, dass Wissenschaftler selbst oft das Bedürfnis entwickeln, die Gegenstände ihrer Forschung auch als ästhetische Phänomene zu betrachten und ihrer Umwelt zu präsentieren.





KUNSTFORMEN DER NATUR

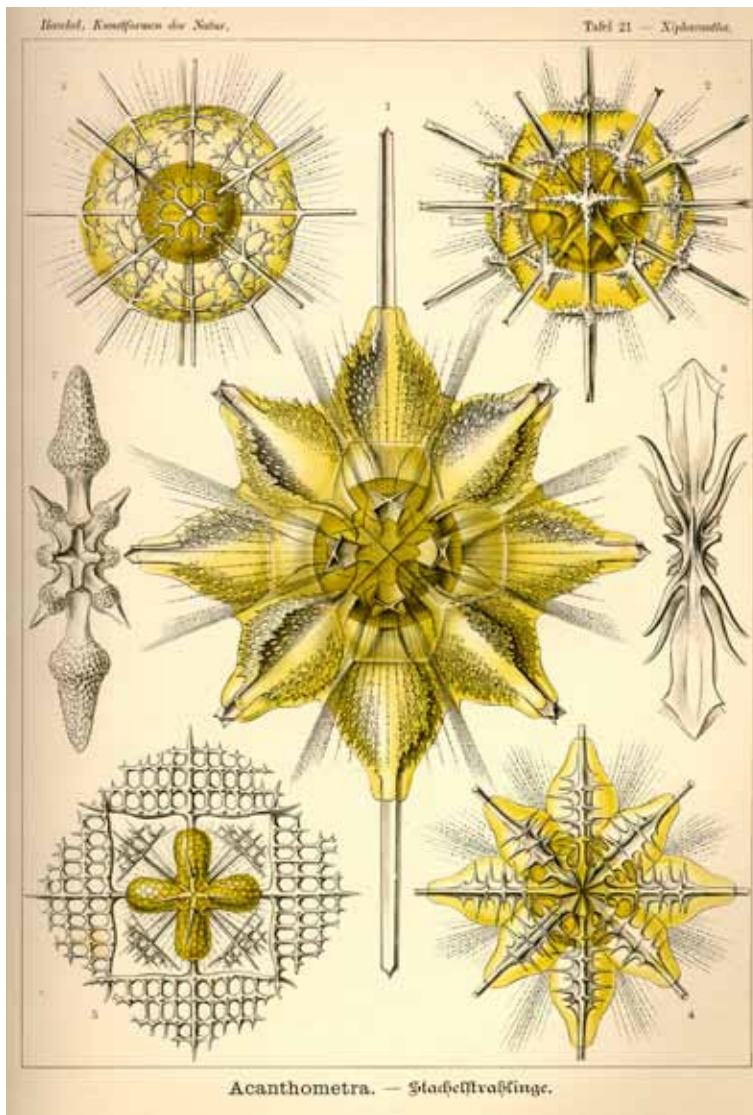
Expeditionen ließen die Zahl der bekannten Tiere im 19. Jahrhundert von rund 6000 auf fast 42 000 ansteigen. Die neuen Tierarten verlangten nach neuen Möglichkeiten der Darstellung für Forschung und Lehre. Ende des 19. Jahrhunderts revolutionierten etwa Leopold und Rudolf Blaschka die Welt wissenschaftlicher Modelle mit ihren in kunsthandwerklicher Perfektion hergestellten Repräsentationen aus der Tier- und Pflanzenwelt. Ihre Glasarbeiten beruhten auf den Zeichnungen Ernst Haeckels und stellen perfekte Synthesen von Handwerk, Wissenschaft und Kunst dar. Neben ihrem handwerklichen Können verfügten die Blaschkas auch über großes wissenschaftliches Verständnis und kommunizierten mit den führenden Zoologen ihrer Zeit, um ihre Modelle dem aktuellen Stand der Forschung anzupassen. In ihrer kleinen Werkstatt in Hosterwitz, heute ein Ortsteil von Dresden, entstanden so rund 2500 Modelle. Von den einstmals gefertigten zoologischen Objekten ist nur noch ein Bruchteil erhalten geblieben. Die Zoologische Sammlung der Universität Tübingen verfügt mit 32 Stücken wohl über die meisten Glasmodelle von marinen wirbellosen Tieren.



GLASMODELL EINES STRAHLENTIERCHENS (RADIOLARIE)

um 1885 | Leopold und Rudolf Blaschka, Dresden
Zoologische Sammlung

Auch die im Meeresplankton enthaltenen mikroskopisch kleinen Radiolarien wurden durch die Kunst der Blaschkas für das menschliche Auge sichtbar gemacht. Da sie keine Lehrlinge ausbildeten, ging das Wissen um die Herstellung der filigranen Glasmodelle verloren. Bis heute ist es nicht gelungen, die Technik im Detail nachzuvollziehen.



**DARSTELLUNG VON STRAHLENTIERCHEN
IN ERNST HAECKEL'S „KUNSTFORMEN DER NATUR“
1899**

Universitätsbibliothek Tübingen

Ernst Haeckel (1834–1919) war ein führender Vertreter der Evolutionstheorie und Verfechter der Abstammungslehre Charles Darwins. Der Arzt, Zoologe und Naturphilosoph hielt die Schönheit der Radiolarien in eindrucksvollen Zeichnungen fest. Seine „Kunstformen“ wurden in zehn Teilen zwischen 1899 und 1904 veröffentlicht.





„THE FÖHR REEF“

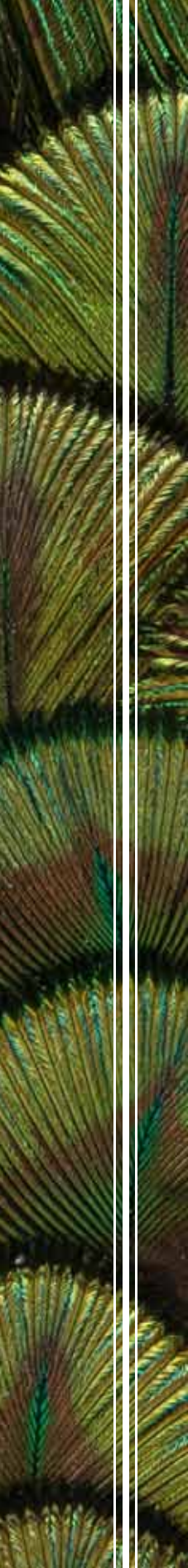
2012 | Institute for Figuring
Museum Kunst der Westküste, Alkersum/Insel Föhr

Das von rund 700 Frauen und wenigen Männern gehäkelte Korallenriff ist Teil des internationalen partizipativen Kunstprojekts „The Hyperbolic Crochet Coral Reef“ der Zwillingsschwestern Christine und Margaret Wertheim und ihres 2003 gegründeten Institute for Figuring, Los Angeles. Es widmet sich der Ästhetik und Vermittlung mathematischer und naturwissenschaftlicher Probleme. Das *Föhr Reef* verbindet die traditionelle Technik des Häkelns und komplexe mathematische Theorien. Als Grundformen der einzelnen Korallen dienen Modelle, die die Mathematikprofessorin Diana Taimina von der Cornell Universität, Ithaca (NY), entwickelte, um den hyperbolischen Raum zu visualisieren: „Ein in sich selbst gekrümmter, sich an jedem Punkt weiter ausdehnender Raum“. Zugleich ist das gehäkelte Korallenriff ein ökologisches Statement. Weltweit sind bereits über 20 gehäkelte Satellite Reefs unter Anleitung des Institute for Figuring in gemeinschaftlicher Handarbeit unzähliger Mitwirkender entstanden. Dieses Föhr Reef wurde als ein deutsch-dänisches Projekt realisiert, an dem als lokaler Kooperationspartner auch das Museum Sønderjylland im dänischen Tønder beteiligt war.









WISSENSCHAFT ALS KUNST

In der Forschung wird nicht immer wahrgenommen, wie sich Wissenschaft ganz unmittelbar und intensiv auf die Produktion von Kunst auswirkt. In der zeitgenössischen Kunst gibt es immer häufiger auch direkte Kooperationen von Künstlern mit Wissenschaftlern, wie hier am Beispiel des *Föhr Reef* zu sehen. Mit weniger Anspruch auf künstlerische Reflexion drängt es Forscher selbst oft zur Gestaltung von Bildtafeln oder Objekten, die sich mit der Ästhetik ihres Forschungsgegenstandes auseinandersetzen. Füllt das Ästhetische heute die Leerstelle, welche die aus der Naturwissenschaft vertriebene Frage nach Sinn und Bedeutung hinterlassen hat?



DREI FALT-OBJEKTE AUS BÜCHERN

2012 | Prof. emer. Dr. Frank Heidtmann, Berlin
Privatbesitz

Als passionierter Künstler verwandelt der Bibliothekswissenschaftler Frank Heidtmann sein Forschungsobjekt auch im engsten Wortsinn in Buchkunst: Die sogenannte „Book Art“ formt Bücher zu Skulpturen, die die Wechselwirkungen zwischen Funktion und Struktur zum Thema haben.



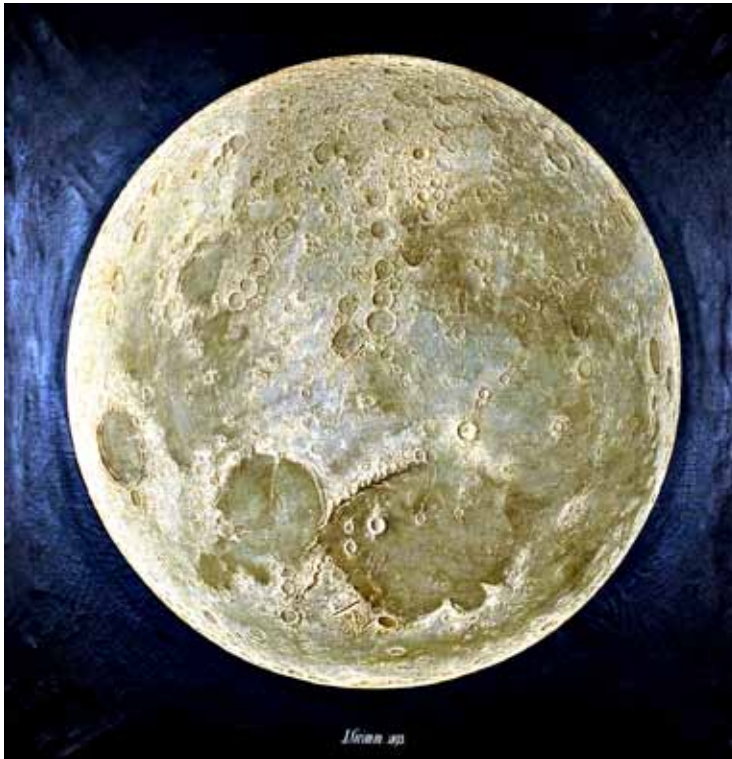


MODELL EINER DNA-DOPPELHELIX MIT SPIELUHR

1977

Sammlung des MUT

Diese „Trophäe“ wurde einem Mitarbeiter der naturwissenschaftlichen Institute zu seiner Pensionierung durch das Universitätsbauamt überreicht. Die einprägsame Ästhetik des DNA-Modells wird hier sogar für fachfremde Funktionen einer Lebensleiter eingesetzt.



ANSICHT DES VOLLEN MONDES

1895 | Julius Grimm | Öl auf Leinwand
Gemäldesammlung

Mit Hilfe von dreidimensionalen Modellen nach eigenen Fotografien fertigte Grimm sein Mondgemälde mit höchster wissenschaftlicher und künstlerischer Akribie. Dieses beeindruckende Ölgemälde gehört mit dem Teleskop und den Lichtdrucken von Julius Grimm zu einem einzigartigen Ensemble.



COLLAGEN AUS SCHMETTERLINGSFLÜGELN UND VOGELFEDERN

1999 | Jürgen Rösinger, Präparator
Zoologische Sammlung

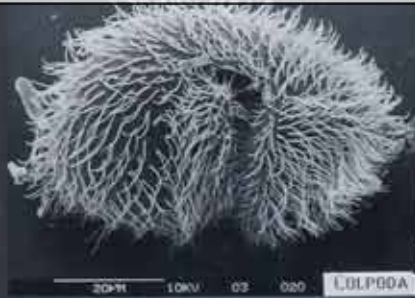
Die Collagen zeigen die auffallende Farbvielfalt brasilianischer Schmetterlinge und Vögel. Pigmente und Lichtbrechungseffekte auf den Oberflächenstrukturen sorgen dabei für die bunte Färbung. Die Arrangements des Präparators der Zoologischen Sammlung führen die irisierende Pracht des Naturmaterials in kleine Kunstwerke über.



FOTOTAFEL „RASTERFAHNDUNG“

1995 | Prof. emer. Dr. Christian Bardele
Privatbesitz

Über zwei Jahrzehnte erforschte Christian Bardele Wimpertierchen (Ciliaten) im Zoologischen Institut mit einem Raster-Elektronenmikroskop. „Elmos“ war dabei der Spitzname für Elektronenmikroskopiker. Das Bild zeigt jedoch keine wissenschaftliche, sondern eine rein ästhetische Auswahl und hing jahrelang im Flur des Instituts.



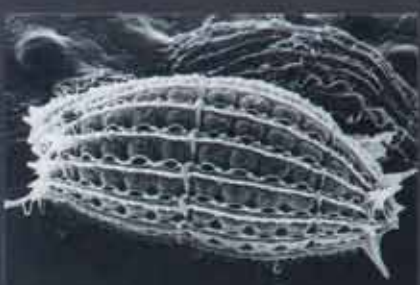
„RASTERFAHNDUNG“
ODE
DIE „PETS“ D



LIPHYRODITES



10µm 10KV 02 CHILODONELLA



10µm 10KV 02 795 COLEPS



DENDROCHISTES



40µm 10KV 02 706 DIDINIUM



20µm 10KV 00 141 KERONA

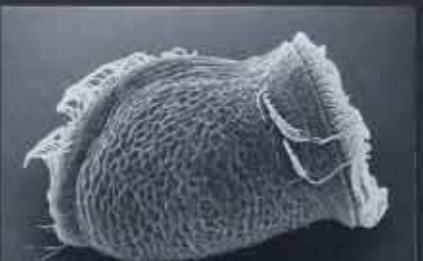
NACH CILIATEN ER DER ELMIS



100µm 10KV 06 5 LOXOPHYLLUM



2 SPIROCHONA



10µm PHASCOLODON, DORSALSEITE



20µm PHASCOLODON, VENTRALSEITE



PARAMECIUM



10µm 10KV 02 TETRARYMENA



20µm 10KV 00 LIROCENTRUM

WISSENS
OBJEKT

/

SCHÖNES
TIER

Thomas Beck

Wie wird der schöne Vogel, den wir beim Spaziergang beobachten, zum Wissensobjekt? Zoologische Teildisziplinen wie die Verhaltensbiologie oder die Ökologie erforschen zwar das lebende Tier in seiner natürlichen Umwelt, viele Grundlagenkenntnisse gewinnt die Zoologie jedoch nur an Präparaten toter Tiere. Als Belegexemplare für die Systematik und Verbreitung der Vogelarten dienen vornehmlich Bälge. Diese bestehen aus der Haut des Vogels samt Federkleid und werden in wissenschaftlichen Sammlungen oft zu Tausenden aufbewahrt. Stopfpräparate und montierte Skelette dienen hauptsächlich didaktischen Zwecken; nur an losen Skeletten lassen sich beispielsweise Gelenke untersuchen. Bei Nasspräparaten werden überdies Muskulatur und innere Organe konserviert. Eine Besonderheit in Tübingen ist die Feder-Sammlung: Jede Mappe enthält dabei das vollständige Gefieder eines Tieres. Alle Präparate dieser Abteilung stammen aus der Zoologischen Sammlung der Universität Tübingen.



STOPFPRÄPARAT
EINES EISVOGELS



BALG
EINES STEINKAUZES



NASSPRÄPARAT
ZWEIER SINGVÖGEL
MIT PARASITENBEFALL



MONTIERTES SKELETT
EINER WALDOHREULE



LOSES SKELETT
EINER MONGOLENLERCHE



MAPPE MIT DEM GEFIEDER
EINES GRÜNSPECHTS





BEI
TRÄ
GE

TÜBINGEN UND DIE NATURÄSTHETIK ALS WISSENSCHAFTSPROGRAMM IM 19. JAHRHUNDERT

Thomas Beck

In den ersten zwei Dritteln des 19. Jahrhunderts gab es besonders im deutschen Sprachraum vielfältige Bemühungen, ästhetische Theoriebildung an die naturwissenschaftliche Forschung anzubinden und damit zugleich auch die ästhetischen Qualitäten der naturwissenschaftlichen Gegenstände zu thematisieren. Die Schriften des Tübinger Ästhetik-Professors Friedrich Theodor Vischer sind hierfür eines der Hauptbeispiele. Der zweite Band aus seiner *Aesthetik oder Wissenschaft des Schönen*¹ war die zu seiner Zeit umfangreichste systematische Abhandlung über die Ästhetik der belebten und unbelebten Natur. Und Vischer ist auch deshalb eine interessante Figur, weil er die Entwicklung von der idealistischen Ästhetik hin zu einer Psychologisierung der Disziplin in den 1860er Jahren mitging und in einer späten Wende sein eigenes ästhetisches Hauptwerk einer methodisch grundsätzlichen Kritik unterzog. Um den Blick über Tübingen hinaus zu weiten, soll als weiteres einschlägiges Beispiel für die naturwissenschaftlich informierte Ästhetik jener Zeit der dänische Physiker Hans Christian Oersted dienen, dessen naturphilosophische Schriften in deutscher Übersetzung auch jenseits des Fachpublikums populär waren.

Warum es im 19. Jahrhundert überhaupt ein so großes Bestreben gab, die ästhetische Perspektive in die Naturforschung zu integrieren, liegt nach vorherrschender Lesart darin begründet, dass das Ästhetische gewissermaßen als Ersatz für die Leerstelle diene, die die Metaphysik nach ihrer Eliminierung aus den naturwissenschaftlichen Disziplinen hinterlassen hatte. Mitte des 19. Jahrhunderts war die ästhetische Prinzipienlehre im deutschen Sprachraum vom philosophischen Idealismus geprägt. Insbesondere Hegels posthum erschienenen *Vorlesungen über die Ästhetik* waren für Autoren wie eben Friedrich Theodor Vischer oder auch Karl Rosenkranz das Referenzwerk, an das sie ihre Untersuchungen anknüpften. Hegel hielt es jedoch noch für selbstverständlich, dass „niemand auf den Einfall gekommen [ist], den Gesichtspunkt der Schönheit der natürlichen Dinge herauszuheben und eine Wissenschaft, eine systematische Darstellung dieser Schönheiten machen zu wollen“². Demgegenüber widmet Vischer in seiner mehrbändigen Ästhetiktheorie dem Naturschönen einen ganzen Teilband. Sein programmatisches Ziel ist die „Verbindung der Aesthetik mit der Naturwissenschaft“³. Vischer ist damit Teil einer

Entwicklung, die unter allmählicher Ablösung von spekulativer Philosophie versuchte, Ästhetik als eine Disziplin nach dem Vorbild der empirischen Wissenschaften zu begründen.

Diese Entwicklung kann beispielhaft anhand der Problematisierung des Hässlichen beleuchtet werden.⁴ Solange Ästhetik im Kern als Theorie der schönen Künste aufgefasst wurde und die symbolische Aneignung eines Naturgegenstandes als Voraussetzung für seine sinnlich-sittliche Würdigung galt, gehörte das Hässliche bestenfalls in künstlerisch sublimierter Form zum Phänomenbereich des Ästhetischen: insofern es etwa in der Karikatur dergestalt zum Thema wird, dass der Rezipient auf das Ideal des Schönen zurückverwiesen wird. Dass das Hässliche Mitte des 19. Jahrhunderts schließlich Eingang in den Kanon ästhetischer Kategorien fand, ist nicht nur durch die zeitgenössischen künstlerischen und politischen Entwicklungen motiviert, sondern liegt wohl auch im Erstarren naturästhetischer Reflexionen begründet. Wenig belastet vom kunsttheoretischen Diskurs, aber um einen ästhetischen Zugang zu ihrem Gegenstand bemüht, befruchteten zunehmend Naturforscher mit ihren populärphilosophischen Studien die Autonomisierung naturästhetischer Fragestellungen und trugen dazu bei, Phänomenbereiche wie das Hässliche im Problemhorizont des Ästhetischen zu etablieren.

Hans Christian Oersteds Abhandlung *Ueber das „Unschöne“ in der Natur in seinem Verhältniß zur Schönheitsharmonie des Ganzen*, die er 1850 der Gesellschaft der Wissenschaften zu Kopenhagen vorlegte⁵, erschien in den Folgejahren in verschiedenen deutschen Übersetzungen. Oersted fokussiert darin die Rolle naturkundlicher Bildung und Forschung für die Wahrnehmung von Naturschönheit. Er verweist zunächst auf seine bereits früher entwickelte Grundlehre vom Schönen, in der er die Schönheitsempfindung auf die intuitive Wahrnehmung vernunftgemäßer Ideen im Naturgegenstand zurückführt, wie sie etwa in den ganzzahligen Tonverhältnissen der harmonischen Intervalle zu finden sind. In dem Aufsatz *Ueber das „Unschöne“ in der Natur* präzisiert er nun, dass nicht alles Vernunftgemäße in der Natur als schön erscheint, weil es unsere Einbildungskraft nicht leicht vermag, komplexe

Gefüge in der Natur in einem inneren Bilde vorzustellen. Oersted unterscheidet mehrere Ursachen, die dazu führen können, dass ein Naturgegenstand zunächst als hässlich empfunden wird. Die wichtigste ist dabei die Verkennung der „eigentlichen“ oder „rechten Naturstellung“⁶ eines Lebewesens. Als Beispiel hierfür dient ihm die Fledermaus, deren vordergründige Hässlichkeit aus dem Widerspruch ihrer vogelähnlichen Erscheinung mit der Zugehörigkeit zu den Säugetieren resultiere, die aber bei vollständig verinnerlichtem Verständnis ihres Platzes im Gefüge der Natur in ihrer rechten Naturstellung erkannt und dann als Glied eines „Schönheitsganzen“⁷ empfunden würde. Die Fähigkeit, durch Kenntnis der natürlichen Zusammenhänge auch komplexe Naturgegenstände in ihrer Schönheit wahrzunehmen, nennt Oersted „das wissende Schauen“⁸.

Methodisch beansprucht Oersted, eine naturästhetische Theorie auf dem Fundament naturwissenschaftlicher Erkenntnisverfahren zu entwickeln, insbesondere also induktiv vorzugehen.⁹ Ein zeitgenössischer Rezensent konstatierte 1852: „Die Physik des Schönen als Wissenschaft zur Entwicklung zu bringen, war von jeher einer der Lieblingsgedanken Oersteds“¹⁰. Doch bleibt Oersteds eigener Anspruch auf eine für die Mitte des 19. Jahrhunderts typische Weise ambivalent: Im Versuch, die Ästhetik zu verwissenschaftlichen, führt er stets noch die Prämissen idealistischer Naturphilosophie unreflektiert mit. Denn was Oersteds Text zunächst modern erscheinen lässt, ist weniger eine vermeintliche „Physikalisierung“, als vielmehr die Subjektivierung der ästhetischen Qualitäten. Schönheit oder Hässlichkeit wird den einzelnen Naturgegenständen nicht länger prädikativ zugeschrieben. Ihre Wahrnehmung als schön oder hässlich ist vielmehr abhängig von der kognitiven Disposition des Betrachters: vom Maß seiner empirischen Erkenntnisse über den Gegenstand und vom Grad der Verinnerlichung dieser Kenntnisse in der Einbildungskraft. Doch folgt bei Oersted daraus noch keine konsequente Psychologisierung des Ästhetischen: Das relativierte Hässliche ist nur ein „scheinbar [...] Unschöne[s]“¹¹, das sich prinzipiell in der – eben doch wieder objektiviert gedachten – Schönheit

des Naturganzen auflösen lässt. Diese Schönheit gründet nach Oersted darin, dass die Natur durch dieselben Vernunftgesetze geprägt ist, die auch im menschlichen Geist wirksam sind.¹² So wird der letzte Schritt zur Subjektivierung ästhetischer Erfahrung nicht vollzogen, und die erhoffte Physik des Naturschönen entpuppt sich als kaschierte idealistische Spekulation. Ähnlich ambivalent ist der Regress auf die Naturwissenschaften auch bei der Identifikation der konkreten Gegenstandsbereiche des Hässlichen in der Natur. Die meisten Autoren verorten die typischen Beispiele dieser Kategorie in den Grenzbereichen der biologischen Systematik. Karl Rosenkranz sieht die behauptete ästhetische Minderwertigkeit vieler Amphibien in ihrem Dasein als Mischwesen zwischen Land- und Wassertieren begründet,¹³ wie für Oersted ist auch für Vischer die Fledermaus als Übergangserscheinung zwischen zwei Tierklassen eines der einschlägigen Beispiele.¹⁴ Vischers Argumentation unterstellt jedoch, dass die biologische Systematisierung auf den Gattungsideen basiere, die in den Hervorbringungen der Natur objektiviert vorzufinden seien, so dass etwa die Ordnung der Fledertiere als Übergangserscheinung der Natur selbst und nicht als Grenztaxon eines wissenschaftlichen Konstrukts behandelt wird: „[...] es gibt Tiere, mit deren Hervorbringung die Natur sich noch in Bildungen versucht, die diesem Gattungsbegriffe noch nicht recht adäquat sind“¹⁵. Unbeschadet dieses teleologischen Naturverständnisses sollte der Ästhetiker aber zur genauen Klärung jenes Phänomens „zugleich gründlicher Physiolog“ sein, wie Vischer schon in seiner Habilitationsschrift von 1837 fordert, um „bis ins kleinste Detail des Baues von einem solchen Tiere angeben [zu] können, worin diese in der Gattung selbst begründeten Mängel bestehen“¹⁶. Aus dem Grundgedanken der unvollkommenen Grenzerscheinungen entwickelt Vischer als Kriterium für den Grad von Schönheit oder Hässlichkeit das Verhältnis einer Art zur übergeordneten Gattung: Wie vollkommen exemplifiziert die Art den Grundtypus der Gattung? Hinzu tritt als übergeordnetes Kriterium die Stellung einer Art in der Rangordnung der Natur, welche Vischer an Hegels tierästhetische Stufenleiter gemäß dem Grad „innerer Beseelung“¹⁷ an-

knüpft. Darunter versteht Hegel den Grad an Freiheit, der einem Tier über die Zwänge seines organischen Daseins hinaus eigen ist und der in der Ästhetik seiner Erscheinung zum Ausdruck kommt.¹⁸ Nach ähnlicher Argumentation bildet für Vischer der Mensch als „höchste Einheit von Natur und Geist“¹⁹ das schönste Lebewesen, zu dem die Stufen von der anorganischen über die pflanzliche und tierische Natur hinaufführen. Und weil „im Dasein alles zusammenhängt, jedes Höhere im Niederen vorbereitet ist“, so ahnen wir auch in einer untergeordneten Gestalt wie beispielsweise der eines Pferdes „durch die fernen Entwicklungen hindurch die geistige Schönheit“²⁰ des Menschengeschlechts. Diese grundsätzliche Orientierung an Hegel bleibt auch in Vischers späterem ästhetischem Hauptwerk der Rahmen, in welchem er die Lehre vom Naturschönen mit den Methoden eines Physiologen, ja als „ästhetische Physik“²¹ zu betreiben projiziert: „Die Aesthetik geht auf diesem Wege Hand in Hand mit der Naturwissenschaft und wird zu einer Physiognomik der Natur.“²² Damit ist bei Vischer auch die wichtigste ideengeschichtliche Quelle seines Planes einer naturwissenschaftlichen Ästhetik benannt, nämlich die Übertragung des Begriffes des Physiognomischen auf andere, naturkundliche Bereiche. Die Idee der klassischen Physiognomik, von den äußeren Merkmalen eines Menschen auf seine geistige Konstitution schließen zu können, war im späten 18. Jahrhundert ebenso populär wie umstritten. Um 1800 wird der Begriff des Physiognomischen dann zunächst meist in metaphorischer Verwendung auf andere Bereiche übertragen. Mit Alexander von Humboldts *Ideen zu einer Physiognomik der Gewächse* beginnt 1806 eine begriffliche Weiterentwicklung, bei der das Physiognomische einen methodischen Platz bei der Entwicklung einer neuen Erkenntnisperspektive einnimmt. Humboldt versucht, in Abgrenzung zur botanischen und geologischen Systematisierung der Natur das Zustandekommen des „Totaleindruck[s]“²³ zu ergründen, den eine bestimmte Landschaft beim Menschen evoziert. Hierzu ordnet er zunächst die Vielfalt der Pflanzenarten nach Grundtypen der Wuchsform, die wesentlich den landschaftlichen Charakter einer Region prägen. Indem

er schließlich einen Zusammenhang herstellt zwischen den physiognomischen Zügen einer Landschaft und der Stimmung, die jene beim Betrachter hervorrufen, vollzieht Humboldt eine begriffsgeschichtlich bedeutende Wendung: Die Physiognomie eines Gegenstandes ist nicht mehr Ausdruck seines wie auch immer gearteten inneren Wesens, sondern sie besteht in der Qualität des sinnlichen Gesamteindrucks des Gegenstandes auf den Betrachter.

Mit seinem Projekt einer Landschaftsphysiognomik versuchte Humboldt vor allem, eine ästhetische Perspektive in der Geographie methodisch zu fundamentieren. Dieser Ansatz blieb für viele spätere Autoren wie Vischer der vorherrschende Modus, in dem die ästhetische Dimension der Naturgegenstände in der Naturwissenschaft mitgeführt werden konnte.

Wie am Beispiel von Vischer und Oersted gezeigt, resultierte daraus häufig dennoch nur eine verbrämte spekulative Ästhetik, während die eigentliche Grundlage zu einer Verwissenschaftlichung des Ästhetischen erst später im Zuge seiner Psychologisierung gelegt wurde. Vischer hat diesen Weg in seinem Spätwerk *Kritik meiner Aesthetik*²⁴ nur noch skizziert, konsequent gegangen ist ihn erst sein Nachfolger auf dem Tübinger Lehrstuhl für Ästhetik, Karl Köstlin, dessen Credo hier abschließend zitiert sein soll: „Die Ästhetik führt überall, wo man sie anfasst, auf die Psychologie zurück.“²⁵

sammelte Schriften, Bde. 3 und 4], in: *Heidelberger Jahrbücher der Literatur* 45 (1852), S. 352–370, hier S. 354.

11 Oersted 1851, S. XII.

12 Hans Christian Oersted, *Das Geistige in dem Körperlichen*, in: Ders.: *Der Geist in der Natur*, Deutsch von K[arl] L[udwig] Kannegiesser, Leipzig 1850, S. 1–37. Zur Verortung Oersteds im Wirkungskreis Schellings vgl. Gerhard Hennemann: *Der dänische Physiker Hans Christian Oersted und die Naturphilosophie der Romantik*, in: *Philosophia Naturalis* 10 (1967), S. 112–122.

13 Karl Rosenkranz: *Aesthetik des Häßlichen*, Königsberg 1853, S. 22.

14 Friedrich Theodor Vischer: *Über das Erhabene und Komische. Ein Beitrag zu der Philosophie des Schönen* (1837), in: Ders.: *Über das Erhabene und Komische und andere Texte zur Ästhetik*, Frankfurt am Main 1967, S. 37–215, hier S. 61f.

15 Ebd., S. 61.

16 Ebd., S. 62.

17 Hegel, S. 175.

18 So missfalle zum Beispiel das Faultier, weil „dessen ganzer Habitus die Unfähigkeit zu rascher Bewegung und Tätigkeit dartut [...]. Denn Tätigkeit, Beweglichkeit bekunden gerade die höhere Idealität des Lebens“ (ebd., S. 175f.).

19 Vischer 1967, S. 61.

20 Ebd., S. 61.

21 Vischer 1847, S. 2.

22 Ebd., S. 12.

23 Alexander von Humboldt: *Ideen zu einer Physiognomik der Gewächse*, in: Ders.: *Ansichten der Natur*, Bd. 1, Tübingen 1808, S. 157–204 passim.

24 Friedrich Theodor Vischer: *Kritik meiner Aesthetik*, in: Ders.: *Kritische Gänge. Neue Folge*, H. 5, Stuttgart 1866, S. 1–156.

25 Karl Köstlin: *Prolegomena zur Ästhetik*, Tübingen 1889, S. 1.

1 Friedrich Theodor Vischer: *Aesthetik oder Wissenschaft des Schönen. Zum Gebrauche für Vorlesungen*, Bd. 2: *Die Lehre vom Naturschönen*, Reutlingen/Leipzig 1847.

2 Georg Wilhelm Friedrich Hegel: *Vorlesungen über die Ästhetik*, Bd. 1, Frankfurt am Main 1986, S. 15.

3 Vischer 1847, S. 14.

4 Teile des Folgenden bereits publiziert in: Thomas Beck: *Ästhetik der Natur. Einführung*, in: Jutta Müller-Tamm u. a. (Hg.): *Verstandenes Lebensbild. Ästhetische Wissenschaft von Humboldt bis Vischer. Eine Anthologie*, Berlin 2010, S. 29–35.

5 Hans Christian Oersted: *Ueber das „Unschöne“ in der Natur in seinem Verhältniß zur Schönheitsharmonie des Ganzen*, in: Ders.: *Neue Beiträge zu dem Geist in der Natur*, Deutsch von K[arl] L[udwig] Kannegiesser, Leipzig 1851, S. 127–142. Zur Datierung des Textes vgl. die Angabe des Jahres 1850 in einer zweiten Übersetzung ins Deutsche: Ders.: *Neue Beiträge zum Geist in der Natur*, nach der zweiten Original-Ausgabe aus dem Dänischen übersetzt von G. F. von Jenssen-Tusch, erster Theil, Kassel 1854, S. 145.

6 Oersted 1851, S. 134–138 passim.

7 Ebd., S. 141.

8 Ebd., S. 133.

9 Vgl. ebd., S. 132; vgl. auch Oersteds Kritik an Henrik Steffens' spekulativer Naturphilosophie: Hans Christian Oersted, *Henrik Steffens*, in: Ders.: *Charaktere und Reden*, Leipzig 1851, S. 105–120.

10 Reichlin Meidegg [Rezension zu Hans Christian Oersted, Ge-

ARCHITEKTUR FÜR FORSCHUNG UND ÄSTHETISCHES EMPFINDEN IM WISSENSCHAFTLICHEN ARBEITSALLTAG

Daniel Grünkranz

Als Konsequenz der stetig zunehmenden Bedeutung von Wissenschaft und Forschung wurden in den letzten Jahrzehnten neue Forschungseinrichtungen und Laborgebäude errichtet sowie Investitionen in architektonisch-repräsentative Zeichen getätigt. So berichtete etwa die Ausgabe der Wissenschaftszeitschrift *Science* vom 14. Januar 2000 über eine neue Allianz zwischen Architektur und Wissenschaft. Gleichzeitig wurde darüber diskutiert, ob die Schönheit eines Gebäudes Einfluss auf die Kreativität und Produktivität von Wissenschaftlern nimmt. Unter dem Begriff „Schönheit“ wirkt die Frage jedoch spekulativ, da ihre Beantwortung noch immer zu sehr von Geschmacksurteilen als von gefestigten Aussagen abhängig erscheint. Sie wird vordergründig unter dem Eindruck des architektonischen Erscheinungsbildes gestellt. Doch endet die Diskussion hier nicht. Architektur ist als *System* vielmehr verantwortlich für die Konditionierung von Umwelt und für die Diversität von Orten. Zu thematisieren ist das ästhetische Empfinden im Zusammenhang mit menschlichen Tätigkeiten und Handlungen, die sich dabei eng an die Umwelt knüpfen. Wenn sich mit den Programmen der wissenschaftli-

chen Arbeit ästhetische Empfindungen konstituieren, kann nach der Rolle der gebauten Umwelt in diesen Prozessen gefragt werden. Es geht also um die Beziehung, die sich zwischen dem oder der forschend Tätigen und der architektonischen Struktur etabliert. Die ästhetische Erfahrung gilt dabei nicht als „schönes Extra“, das Abläufe zur Wissensgenerierung ergänzt. Verwiesen ist vielmehr auf räumlich-strukturelle Qualitäten und dabei gleichzeitig auf Effekte des architektonischen Gefüges. Dies ist der Kontext, in dem sich Erfahrungen konstituieren.

FORSCHUNG UND ARCHITEKTUR

Fragt man nach dem Forschungsalltag trifft man etwa auf den Begriff von „Forschung als Lebensstil“¹. Demnach ist dieser Lebensstil geprägt durch flache Hierarchien, interdisziplinäre Kooperation und geförderte Kommunikation. Von Seiten der Architektur und ihrer Theoretisierung kommen hierzu Vergleichsmomente durch die Bezugnahme auf das Alltagsleben, das hier nun das wissenschaftliche Arbeiten inkludiert: „Architektur ist nicht als Objekt sachverstän-

diger und ästhetisch versierter Betrachtung gemeint, sondern als Bühne für Alltagsdramen, als Kommunikationsangebot, als Intervention oder einfach als Hintergrund.“² Im Hinblick auf Forschungseinrichtungen hat die gebaute Umwelt ein Spektrum dieser Aspekte zu erfüllen. Der Forschungsalltag nimmt sich differenziert aus. Damit verbindet sich eine Forderung an die Planung: nämlich jede Facette des Forschungsalltags zu berücksichtigen.

WISSENSCHAFTLICHE PRAXIS IM KONTEXT DES LABORS

Im Labor konstituieren Gerätschaften und Untersuchungsmittel die unmittelbare Umwelt. In enger Verbindung zu dieser Umwelt führt der oder die Forschende die Auseinandersetzung mit dem Objekt der Untersuchung. Möbel, Ausrüstungsgegenstände, technische Einrichtungen und Gerätschaften finden ihre Auf- und Bereitstellung. Sie sind so positioniert, angeordnet und in Relation gesetzt, dass Arbeits- und Bewegungsabläufe rasch, sicher und rationell durchgeführt werden können. Sie haben effektiv Anteil an Vorgängen, die zu einem Untersuchungsergebnis führen sollen. Die Bewegungen des Forschenden vollziehen sich in Beziehung zu den Elementen der Laborausstattung. Die Tätigkeit im Labor ist begleitet von Empfindungen. Diese können in einem Gefühl der Befriedigung münden. Etwa wenn Bewegungen ungehindert zu den Gerätschaften finden und sich eine Reihe von Handlungen sicher vollzieht, welche die Lösung des Forschungsproblems zum Ziel haben. Gleichzeitig gelangen die Gestalt und die Oberflächenbeschaffenheit von Laborgeräten zur Wahrnehmung. Glasflächen und -körper erzeugen Lichtbrechungen. An metallenen Oberflächen entstehen Reflexionen. An den glatten Oberflächen der im Labor eingesetzten Materialien und Dinge werden etwaige Verschmutzungen rasch sichtbar. Dies erhöht die Sorgfalt im Umgang mit Versuchsanordnungen. Die Aufmerksamkeit von Forschern richtet sich auf Anzeigen von technischen Apparaturen, durch die es möglich ist, den Status von Faktoren in einem Prozess oder innerhalb einer

Versuchsanordnung hermeneutisch zu überprüfen. Computerbildschirme zeigen Graphen an. Diese sind Ausdruck ermittelter Werte in einem Analyseprozess anhand indexikalischer Zeichen, die es wiederum zu interpretieren gilt. Wahrnehmung und Bewegung nehmen Richtung auf jene Umwelt, die sich anhand der Gerätschaften im Labor konstituiert. Sie sind Elemente, an denen sich ästhetisches Empfinden evoziert. Doch wie verhält es sich nun mit der Beziehung zur Architektur?

ARCHITEKTUR FÜR FORSCHUNG: LABOR

Zuvor wurde mit der Nennung des architektonischen Objekts auch seine mögliche Rolle als „Hintergrund“ erwähnt. Tatsächlich ist eine der grundlegenden Strukturen in der Mensch-Architektur-Beziehung die Hintergrundbeziehung. Laut dem US-amerikanischen Philosophen Don Ihde ist die Hintergrundbeziehung charakteristisch im Zusammenhang mit Technologien, die ein Ambiente gegenüber einer Außen- oder Umwelt bilden. In solch einer Sphäre erlangen unsere Aktivitäten Unabhängigkeit, da die Technologie selbst in Aktion tritt. Es bleibt Raum für selbst gewählte Initiativen, anstatt auf Umstände reagieren zu müssen. Diese Situation gilt auch im Kontext mit dem architektonischen Objekt und seinen technischen Ebenen wie Hüllfläche, Beleuchtung, Belüftung, Wärme- und Kühltechnik. Die Gebäude, die wir bewohnen, bilden in ihrer Hintergrundrolle ein kompaktes, aber üblicherweise durchlässiges Feld aus. Sie konditionieren eine unmittelbare Umgebung gegenüber der externen Umwelt.

In ihrer Gliederungs- und Umschließungsfunktion stellt Architektur ein räumliches Angebot. Gleichzeitig fordern die menschlichen Aktivitäten im Kontext der Dinge ihren Raum ein. Als architektonische Prämisse muss daher gelten: Die effektive Ermöglichung von Aktivitäten und dabei die Widerständigkeit auch bei sich ändernden Handlungsabfolgen zu minimieren. Für Laborräume bedeutet dies, nicht nur die Auf- und Bereitstellung der Laborausstattung zu ermöglichen, die oft spezifischen Designs und



Abb. 1 Burger Rudacs Architekten, Laborgebäude HTW Dresden, Laborraum

Anordnungen folgt sowie große Dimensionen aufweisen kann. Der Raum muss ebenfalls ein Spektrum an Aktivitäten im Forschungsalltag zulassen. Des Weiteren können Labore mit Geräten ausgestattet sein, die im Betrieb Lärm verursachen. Die gebaute Umwelt wirkt im Hintergrund dahingehend, dass Geräusche hinsichtlich der Konditionierung des übrigen Laborkomplexes eingedämmt werden. Die Nicht-Wahrnehmung des Lärms geht anderswo mit ablenkungsfreiem Arbeiten einher.

Zum Verantwortungsbereich der Architektur zählt die Beleuchtungssituation im Innenraum. Die Ausleuchtung soll mittels gleicher Lichtstärke und -wärme erfolgen, ein störender Schattenwurf am Arbeitsplatz unterbunden werden – genauso wie die Irritation durch Blendungen, Reflexionen und wechselnde Beleuchtungsintensitäten. Bei natürlichem Lichteinfall von außen sind größere Raumhöhen für eine tiefe und gleichmäßige Beleuchtung des Innenraums vorteilhaft. Um jedoch die direkte Sonneneinstrahlung

und damit störende Effekte zu vermeiden, rücken Laborarbeitsplätze von Fensterflächen ab oder die Belichtung erfolgt indirekt. Durch die Anordnung der Fensterflächen werden gleichzeitig Blickbeziehungen nach außen ermöglicht. Die Zone zwischen Fenster und Laborarbeitsplätzen wird oftmals als Fläche eingerichtet, die temporär als Erweiterung des Arbeitsbereichs oder als Schreibtisch dienen können.

Der architektonische Komplex und seine Elemente sind im Laborbereich dahingehend ausgelegt, dass konsequenterweise die ästhetische Empfindung oftmals durch ein Nicht-Wahrnehmen und Nicht-Empfinden begleitet wird; das Nicht-Wahrnehmen von Lärm und Geräuschen, von auffälligen Lichteffekten, von Wärmeentwicklungen oder das Nicht-Empfinden von räumlichen Einschränkungen in Bewegungsabläufen. Auch das hat Anteil am ästhetischen Empfinden. Die Aufmerksamkeit der Forschenden kann sich auf Forschungsarbeitsplatz und -objekt richten, unbehindert von einem

Komplex, zu dem in Bezug die Architektur ihre Tätigkeit vollzieht. Unter diesen Gesichtspunkten wird verständlich, wie Architektur effektiv und nachhaltig Einfluss auf Arbeitsprozesse nehmen kann. Die *Hintergrundposition* von Architektur impliziert keineswegs eine Schmälerung ihrer Wirkung, sondern ihre Bedeutung als Faktor in Vorgängen im wissenschaftlichen Arbeitsumfeld kommt vielmehr voll zum Tragen (Abb. 1).

ARCHITEKTUR FÜR FORSCHUNG: ZIRKULATION

Wenn im Forschungsalltag der Aufenthalt im Labor nur einen Teil des „Lebensstils Forschung“ bestimmt, so ist ein wesentlicher anderer Aspekt etwa die Kommunikation und der Austausch von Wissen und Informationen. Deshalb sind andere bauliche Bereiche in einer Forschungseinrichtung gleichermaßen entscheidend, da es gleichzeitig um die Zirkulation von Ideen geht. Unter „Zirkulation“ ist zunächst eine lineare Bewegung im Raum zu verstehen. Korridore und Gänge sind dafür prädestiniert, Bewegungen eine bestimmte Richtung zu geben. Entlang von Korridoren reihen sich Räume und funktionelle Einheiten aneinander. Sie sind einheitlich über die lineare Erschließung erreichbar. Gleichzeitig entsteht das Problem, wie eine linear dimensionierte Form Möglichkeiten zur Anregung von Kommunikation und zum Austausch von Ideen bietet. Es scheint hier ein leichtes, dass die Kommunikation unterbrochen wird oder gar nicht erst stattfindet. Eine Beschleunigung von Bewegung und ihre Durchgängigkeit gehen oftmals mit einer eindimensionalen Richtungsnahme des Raums und mit der Verengung des Feldes, das für Bewegungen zur Verfügung steht, einher. Die Gerichtetheit erfüllt die Aufgabe, uns vorwärts in Richtung eines Ziels zu führen: „The path is perceived primarily as a means towards a destination and is therefore, in principal, subject to this goal. [...] [T]he path is merely the accentuation of a distant intention.“³

Korridore sind effektiv meist nur von geringer räumlicher Breite, wobei diese so die Bewegung in eine eindimensionale Richtung forcieren. Eine Behinderung dieser Bewegung, etwa durch Per-

sonen, die am Weg Halt gemacht haben um eine Unterhaltung zu führen, kann als störend empfunden werden. Es kommt situationsbedingt und gezwungenermaßen zu einer Veränderung in der Bewegung. Sie wird notwendig, da der Korridor in seiner Kapazität hinsichtlich simultan auf-tretender Aktivitäten und bestimmter sozialer Phänomene, die ihre Räumlichkeit einfordern, Beschränkungen aufweist. Ein Korridor oder Gang ist meist als Transitraum beschaffen. Er ist als solcher auch wahrnehm- und erkennbar: Einerseits anhand seiner Proportionen. Andererseits in der Ausformung durch architektonische Elemente. Dazu zählen beispielsweise eine Reihe von Türen, welche den Korridor flankieren. Sie stellen potentielle Ziele für diejenigen dar, die den Korridor entlangehen. Oder das Fehlen von Kommunikationsbereichen, die etwa durch eine entsprechende Möblierung gekennzeichnet sind. Der Wegeffekt führt zu Situationen, in denen es zu einer Überlagerung von Bewegungsräumen einzelner Personen oder Gruppen kommen kann; ein Eindringen in den subjektiven „Bewegungsraum“, den Otto Friedrich Bollnow so als jenen Raum bezeichnet hat, den jeder Mensch aktuell beansprucht und benötigt, um uneingeschränkt seinen Tätigkeiten nachgehen oder sich Verhalten zu können. Eine Möglichkeit, die kommunikativen Einschränkungen des linearen Bewegungsumfeldes programmatisch zu umgehen, ist jene, Forscherteams in unmittelbarer Nachbarschaft zu etablieren. Diese lokale Clusterbildung soll die Zirkulation von Ideen und den Austausch zwischen ForscherInnen begünstigen. Sie geht einher mit der Erfahrung kurzer Wege sowie von Situationen oftmaliger Begegnungen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, spezifische Effekte durch die Architektur als artikulierte Organisation zu generieren. Beispielsweise im Kontext einer gemeinsamen Mitte.

ARCHITEKTUR FÜR FORSCHUNG: DIE GEMEINSAME MITTE

Das Prinzip eines zentralen Begegnungs- und Kommunikationsraums hat sich als durchsetzungsfähig erwiesen. Einen innovativen Typus bildet das Max-Planck-Institut für Bildungs-



Abb. 2 Fehling + Gogel, Max-Planck-Institut für Bildungsforschung in Berlin. Bauliche Umsetzung des Prinzips einer gemeinsamen Mitte

forschung in Berlin, dessen Entwurf vom Büro Fehling + Gogel stammt und das 1974 eröffnet wurde. Fehling + Gogel verfolgten die Idee, dass Bewegung – durch die architektonische Struktur organisiert – zu Begegnungen und Kommunikation führt. Diese Idee fand ihre gestalterische Umsetzung innerhalb des Paradigmas von Architektur als gebaute Landschaft. In ihren Prinzipien richtet sich dieses Paradigma gegen räumliche Abgeschlossenheit und Rigidität, um stattdessen Offenheit und Relationalität zur Maxime zu erklären. Die topographische Gestaltung gilt als Mittel, um „Konventionen von Abgeschlossenheit und Kontrolle“⁴ herauszufordern. In diesem Sinn ist auch die Treppenhalle des Max-Planck-Instituts in Berlin zu bewerten (Abb. 2). Der räumliche Eindruck wird durch eine komplexe Formation von Oberflächen bestimmt, die sich immer wieder brechen und falten. Begrenzende Elemente definieren Bereiche der Erschließung, während sie den Raum in der senkrechten Achse strukturieren. Durch ihre ho-

rizontale Ausdehnung und durch die räumlichen Überschneidungen entsteht ein dynamischer Eindruck. Tatsächlich folgen die Elemente der Linearität der Erschließung von Bewegungen, die sich in der zentralen Halle vollziehen. Jede Bewegung hat einen Perspektivenwechsel zur Folge. Dadurch werden kontinuierlich andere Ein- und Durchblicke freigegeben. Blickbeziehungen lassen sich so etablieren. Dies kommt dem Kommunikationsgedanken entgegen, da Begegnungen zumeist durch visuelle Kontakte eingeleitet werden.

Die Topographie bildet eine elementare Basis, eine Plattform für Bewegung und menschliche Aktivität. Sie wird in ihrer Beschaffenheit in die Tätigkeit der Individuen miteinbezogen. Die architektonische Moderne propagierte den Boden als ebene Fläche. Auf ihr finden die Dinge nach rationalistischen Prinzipien ihre Auf- und Bereitstellung. Und sie gilt als eine ideale, weil nivellierte Basis für Bewegungen. Im Gegensatz dazu variiert der Boden in der zentralen Halle

des Max-Planck-Instituts jedoch topographisch. Schrägen und Rampen neigen seine Oberfläche, und Treppen unterbrechen die Durchgängigkeit der Ebene. Im Zusammenhang mit der Gravitation nimmt die Ebene Einfluss auf Impulse der Bewegung im Begehen des Gefälles: eine federnde, sich beschleunigende Bewegung nach unten steht einem gemächlicheren Aufwärtsschreiten gegenüber. Die Bewegung nimmt so auch unterschiedliche Geschwindigkeiten an. Dies kann sich etwa auf die Begegnungsdauer zweier Menschen auswirken. In anderen Bereichen vergrößert sich wiederum das Feld der Grundebene. Sie stellen Plätze zum Verweilen dar. Des Weiteren finden sich möbelartige Veränderungen in der Topographie. In ihrer Form stellen sie das Angebot sie sitzend einzunehmen. Die Möglichkeit zum Verweilen bietet sich somit eindringlicher.

Architekturtheoretiker Kari Jormakka hat mit Verweis auf vergleichbare architektonische Prinzipien von einer „Architektur der erweiterten Situation“ gesprochen.⁵ Situationen werden dabei durch die gebaute Umwelt und den handelnden Menschen konstituiert, die gemeinsam in einem „praktischen System“ aufgehen, wie es Merleau-Ponty ausgedrückt hat.⁶ Erfahrungsberichte von Mitarbeitern als auch Architekturkritikern bezüglich des Max-Planck-Instituts vermitteln nicht nur eine Empfänglichkeit für die dynamisierte Formensprache und den Details, die in der räumlich-strukturellen Artikulation sichtbar werden. Nachvollziehbar wird auch, dass die Bewegung unterschiedliche Eindrücke fördert. So etwa von der großzügig geöffneten Mitte und der Topographie der Erschließungszone gegenüber der bescheidenen und zweckmäßigen Dimensionierung der Arbeitszimmer – hier spielen unter anderem ökonomische Vorgaben verstärkt eine Rolle – oder auch dem räumlich kontrollierten Eingangsbereich. Diese Diversität wird durch die Bewegung und das Spektrum an Handlungen, die Nutzer im Gebäude vollziehen, erfahrbar.

Das Beschreiben dieser Situationen im Kontext von Architektur für Forschung dient der Auseinandersetzung mit dem ästhetischen Empfinden im wissenschaftlichen Forschungsalltag. Solch eine Betrachtung eröffnet Einblicke in die durch-

aus substantielle Relation zwischen Architektur, ästhetischem Empfinden – wobei die Erfahrung der Umwelt und ihrer Elemente durch das tätige und leibliche Subjekt als konstituierend zu bewerten ist – und motivierenden Effekten in Abläufen des Forschungsalltags und im Verfolgen von Forschungsaufgaben. Konsequenterweise bedienen die gewonnenen Informationen nicht nur einen Beitrag zur Thematik betreffend ästhetische Strukturen im Forschungsalltag. Die damit verbundenen architekturtheoretischen Implikationen sind wiederum einer Diskussion nützlich, in der es um das Wirken von Architektur geht, das über die äußerlich erscheinenden Qualitäten des architektonischen Objekts hinausgeht.

1 Dieter Grömling: Bauen für die Wissenschaft, in: Peter Gruss et al. (Hg.): Fehling + Gogel, Berlin 2009, S. 8, mit Verweis auf Svante Pääbo.

2 Gerrit Conrurius: Editorial, in: Daidalos 75 (2000), S. 4.

3 Thomas Thiis-Evensen: Archetypes in Architecture, Oslo/Oxford, 1987, S. 87.

4 Linda Pollak: Constructed Grounds: Questions of Scale, in: Charles Waldheim (Hg.): The Landscape Urbanism Reader, New York 2006, S. 127.

5 Kari Jormakka: Die Architektur der erweiterten Situation, in: Delugan Meissl Associated Architects et al.: Porsche Museum, Wien/New York 2010, S. 29.

6 Maurice Merleau-Ponty: Phänomenologie der Wahrnehmung, Berlin 1966, S. 128.

AUSSTELLEN DES ABWESENDE: MODELLE UND REKONSTRUKTIONEN IN DER ARCHÄOLOGIE

Stefanie Klamm

Wie können aus bloßen Spuren verfallenen Materials Entwürfe vergangener Zeiten entstehen – damit beschäftigt sich die Archäologie grundlegend. Denn sie legt nicht einfach nur Verborgenes frei und lässt sozusagen vergangenes Leben aus einem stillgestellten Zustand der Vergangenheit auftauchen, wie man sich häufig die Aufdeckung der vom Vesuv verschütteten römischen Städte Pompeji und Herculaneum vorstellte.¹ Stattdessen geht es ihr darum, aus den in der Zeit abgelagerten und durch das Verstreichen der Zeit veränderten, verstreuten Überresten und Hinterlassenschaften historischen Sinn zu generieren. Aus den wie zufällig angetroffenen Überresten werden mit Hilfe von Modellen und dreidimensionalen Rekonstruktionen Häuser, Siedlungen, Heiligtümer. Daher sind es gerade die sinnlichen Qualitäten der Modelle und Rekonstruktionen, die für den Archäologen epistemischen Mehrwert haben.²

MODELLE UND REKONSTRUKTIONEN ANTIKER BAUTEN

Verkleinerte Nachbildungen und Rekonstruktionen antiker Architekturen im Modell waren seit



Abb. 1 Modell-Raum im Haus des Architekten Sir John Soane in London

dem 18. Jahrhundert weit verbreitet. Sie waren beliebte Erinnerungsstücke vom Grand Tour insbesondere aus Italien und wurden häufig von Architekten für das Antikenstudium en miniature gesammelt, davon zeugt beispielsweise die Sammlung von Architekturmodellen des Londoner Architekten Sir John Soane (1753-1837) des späten 18. und frühen 19. Jahrhunderts (Abb. 1). Modelle aus Kork oder Gips zeigen entweder den damaligen Erhaltungszustand der antiken Ruine mit Beschädigungen und Abbrüchen versehen, oft mit pittoreskem Beiwerk oder idealtypische Rekonstruktionen von Gebäuden oder Gebäudekomplexen wie Heiligtümern, die auch

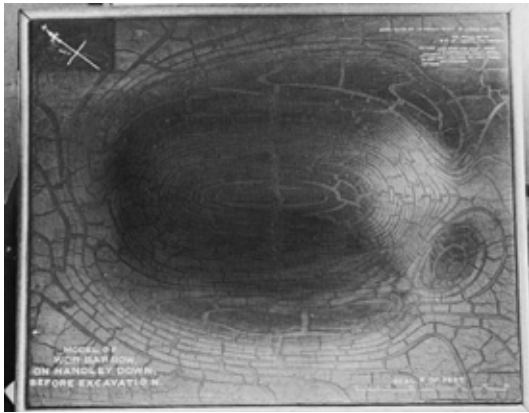
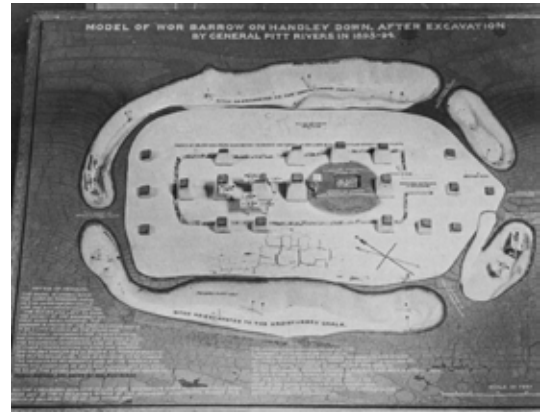


Abb. 2 a und b

Modell des Hügelgrabes Wor Barrow, Dorset, vor und nach der Freilegung



bemalt werden konnten. Gips- und Korkmodelle fanden sich häufig zusammen in einer Sammlung, wie derjenigen Soanes.³ Doch im Gegensatz zu diesen Modellen von Architekturen, die auf einen zumindest in Überresten vorhandenen Bau zurückgehen, steht an dieser Stelle der archäologische Grabungsplatz in seiner Komplexität im Mittelpunkt.⁴ Denn hier stellt sich die Frage, was der Rekonstruktion zu Grunde liegt, in verschärftem Maße. Besonders bedeutsam wurden daher Modelle und Rekonstruktionen im Zusammenhang mit der Freilegung von Fundplätzen ohne deutliche Steinstrukturen, wie den prähistorischen Hinterlassenschaften Nord- und Mitteleuropas, deren Gestalt häufig über Bodenverfärbungen und andere flüchtige Strukturen bestimmt werden musste.

DER GRABUNGSPLATZ ALS MODELL

Innovativ in dieser Hinsicht war der Modellgebrauch des britischen Anthropologen und Archäologen Augustus Henry Lane Fox Pitt Rivers, erster *Inspector of Ancient Monuments* und Erneuerer archäologischer Ausgrabungstechnik in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Für Pitt Rivers, wie Christopher Evans analysiert hat, stellten Modelle die Quintessenz des Ausgrabungsprozesses dar; in zwei hölzernen Modellen der Ausgrabungsstätte eines neolithischen Hügelgrabes im englischen Dorset hatte er beispielsweise den Grabungsort vor und

nach seiner Freilegung aufgenommen (Abb. 2 a und b).⁵ Das erste Modell zeigt die unangetastete Hügelkuppe in maßstäblicher Ausdehnung in der Landschaft. Das zweite den ergrabenen Hügel mit flankierenden Gräben inklusive aller Oberflächendetails, wie den je nach zeitlicher Periode farbig markierten Fundorten der Artefakte und Begräbnisse in maßstäblich skalierten Fundtiefe.

Wie Christopher Evans ermittelt hat, kondensiert die Nachbildung der Ausgrabung viele der von Pitt Rivers gewonnenen Informationen aus Plänen, Schnittzeichnungen oder Fundkarten.⁶ Modelle waren für den Archäologen essentiell; er hatte über 100 von ihnen in seinem Museum in Farnham, Dorset, aufgestellt.⁷ Modelle von Detail- und Gesamtansichten des Grabungsortes sah er als Teil der Ausgrabung selbst an, um der Komplexität der Ausgrabungsstätte Herr zu werden und sie sichtbar vor Augen zu stellen. Sie nahmen ebenfalls eine zentrale Stellung ein, wenn es darum ging, Pitt Rivers' archäologische Arbeit einem breiteren Publikum zum Zwecke öffentlicher Bildung zu präsentieren. Denn einzig Modelle könnten eine angemessene Vorstellung des Ausgrabungsortes gewähren, denn sie ermöglichten dreidimensionale Zusammenschau mit Tiefendimension, Überblick über Fundverteilungen und einem räumlichen Gesamteindruck von der Ausgrabung, wie er anders während des Grabungsprozesses kaum zu gewinnen sei: „There is nothing that conveys such a correct

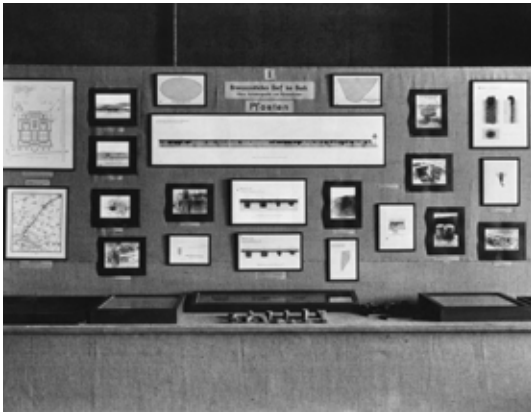


Abb. 3 Schauwand „Pfosten“ in der Ausstellung der bronzezeitlichen Siedlung Buch im Provinzial-Museum Berlin

idea of the work done in investigations of this nature.“⁸

DER GRABUNGSPLATZ ALS AUSSTELLUNG

Dreidimensionale Modelle archäologischer Ausgrabungsstätten, wie sie am Ende des 19. Jahrhunderts aufkamen, waren und sind materielle Artefakte zur Abbildung eines zunächst unsichtbaren und dann unwiderruflich veränderten Raumes. Ihre Gestalt gab Phänomenen Raum, die nur in Spuren vorhanden sind, durch Ausgraben zerstört werden und daher nur durch mediale Einschreibungen gedacht werden können. Sie mussten zwangsläufig rekonstruktiv vorgehen und konnten eine Eigenmächtigkeit entfalten, die auf die Konzeptualisierung des Grabungsplatzes rückprojizierte.

Insbesondere anhand einer Ausgrabung lässt sich die Rekonstruktion eines Grabungsplatzes mit Hilfe einer Kette von verschiedenen Übersetzungen und Bezügen zwischen drei- und zweidimensionalen Medien nachvollziehen. Unter Leitung des Berliner Archäologen Albert Kiekebusch (1870–1935) wurde unmittelbar vor dem Ersten Weltkrieg, von 1910 bis 1914, die bis dahin größte bronzezeitliche Siedlung Mitteleuropas in Berlin-Buch ausgegraben. Anhand von ihr wurden wesentliche Merkmale und Charakteristika, die eine prähistorische Siedlung für die Archäologen kennzeichnen sollten, festgelegt und bestimmt, wodurch sich überhaupt die

Gattung „Siedlung“ als wissenschaftliches Untersuchungsobjekt in der Archäologie auszeichnen konnte.⁹ Bodenverfärbungen fungierten dabei als neue archäologische Objektkategorie zur Feststellung und Interpretation von Siedlungen. Unter ihnen war das Pfostenloch – Verfärbungen im Boden, die sich durch die nachträgliche Verfüllung von Gruben vergangener Holzpfeiler ergaben – um 1900 zu einem grundlegenden Gegenstand archäologischer Erkenntnis geworden, auf dem die Erforschung prähistorischer Wohnstätten beruhte. Dies führte zur Feststellung, dass prähistorische Siedlungen aus Holzbauten bestanden hatten. Ohne Identifizierung und Festlegung von Pfostenlöchern ließ sich keine Siedlung feststellen.¹⁰

In einer Ausstellung, von Albert Kiekebusch im Provinzial-Museum in Berlin veranstaltet, dem heute zur Stiftung Stadtmuseum gehörigen Märkischen Museum, entstand die Siedlung Buch neu. Mit Hilfe von Schauwänden, die dem Pfosten, der Wand, dem Haus und dem Dorf galten, wurde sie in ihre strukturellen und konstruktiven Einzelteile zerlegt. Die erste Schauwand wurde dem hölzernen Pfosten gewidmet (Abb. 3).¹¹ Diese Phänomene der Bodenverfärbung erschlossen sich erst durch vielerlei Eingriffe und Maßnahmen auf dem Grabungsfeld und darüber hinaus. Durch Präparationen und Herrichtungen, also Arbeit mit der Erde, die anschließend medial umgesetzt wurden, wurden die archäologischen Strukturen herausgearbeitet und definiert. Vertikal- und Horizontalschnitte durch Pfostenlöcher in Fotografie und Zeichnung sowie Fotografien von herauspräparierten Pfostenlöchern und von Holzresten in den Verfärbungen, die im Verlaufe der Ausgrabung erstellt worden waren, nahmen an den Stellwänden wesentliche Plätze ein. Multimedialität war entscheidend für die Vermittlung eines Gesamtbildes der prähistorischen Siedlung. Erst durch die mediale Umsetzung konstituiert sich das Phänomen des Pfostenloches. Die Stellwand und die Anordnungen der Bilder auf ihr ermöglichte erst Zusammenschau und Verknüpfung dieser verschiedenen Bodenphänomene. Nur auf diesem Wege, so Kiekebusch, könne der Zusammenhang sichtbar werden.¹²



Abb. 4 Präparierter Steinherd in der Ausstellung der bronzezeitlichen Siedlung Buch im Provinzial-Museum Berlin

Unterhalb der Schauwand mit den bildlichen Darstellungen wurden korrespondierende Fundstücke, beispielsweise Reste eines Hauswandrundholzes und Holzreste eines Pfostens, angeordnet. Ähnlich waren die anderen Schauwände situiert.

MODELLPRÄPARATIONEN

Eine andere Gruppe von Objekten in der Ausstellung, von Kiekebusch als „Modelle“ bezeichnet, konnte räumliche Beziehungen zwischen den verschiedenen auf der Grabung identifizierten Strukturen des Untergrundes, zum Beispiel Bodenverfärbungen, wiedergeben und diese damit erst sichtbar und interpretierbar machen. Kiekebusch konservierte Bodenproben von Verfärbungen wie beispielsweise verfüllte Pfostenlöcher und Profile der Bodenschichten sowie andere zusammenhängende Konglomerate, zum Beispiel Herdstellen, die aus und mithilfe des Erdmaterials der Ausgrabungsfläche gewonnen worden waren. Mit ihrer Hilfe wurden zusammengehörige Ensembles kreiert, die als Präparationen in der Ausstellung gezeigt wurden, zum Beispiel ein Steinherd (Abb. 4).¹³ Kiekebusch beschrieb die Herstellung dieser von ihm auch als „Bodenausschnitte“ bezeichneten Ensembles mit Hilfe eines Metallkastens, den man, um die Konglomerate zu gewinnen, in den Boden treiben würde, wodurch das Ensemble abgegrenzt, gleichsam ausgeschnitten und

entnommen werden könne.¹⁴ Die dadurch gewonnenen analysefähigen Ensembles stehen für einen Zusammenhang, der in der Archäologie als Befund bezeichnet wird – ein Begriff, der sich im Laufe der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts herausgebildet hatte. In der heutigen Terminologie bezeichnet er die Situation im Augenblick der Aufdeckung nach einer langen Zeitspanne der Verschüttung, Zerstörung, Veränderung.¹⁵ Zu diesen Ensembles kamen in vier Vitrinen mit Sand und Steinen aus Buch geschaffene Modellpräparationen von Grundrissen vierer in Buch aufgedeckter Häuser im Maßstab 1:10. Sie sollten darstellen, wie aus den auf dem Grabungsfeld identifizierten Bodenverfärbungen Grundrisse gebildet und aus welchen vorgefundenen Elementen Häuser rekonstruiert werden konnten. Damit sollten sie verdeutlichen, „wie scharf sich die Pfostenlöcher, Herdstellen und Wandspuren bei Buch von dem benachbarten gewachsenen Boden abheben“ und wie sie sich in ihren unregelmäßigen Grenzen im Feld abzeichnen.¹⁶ Diese Modelle stellten den Endpunkt einer ganzen Reihe von Präparationen dar, die bereits auf dem Ausgrabungsfeld begonnen hatten, um die Bodenverfärbungen sichtbar zu machen und festzuhalten. Sie sollten die Rekonstruktion der Grundrisse gleichzeitig mit einem Authentizitätsanspruch versehen, wofür extra neue Präsentationstechniken entwickelt wurden. Die Modellpräparate transformieren die unsichere Form der Bodenverfärbungen und -strukturen auf der Ausgrabung und verwandeln sie in etwas Gesichertes. Sie bringen die ephemeren Verfärbungen zur Darstellung, fixieren sie gleichzeitig und stellen sie damit auch her. Sie bestehen aus dem Material der Ausgrabung selbst, gleichzeitig wurden sie aber in eine andere Form gebracht und skaliert,¹⁷ wodurch sie im Kontext der Ausstellung und in Verbindung mit den anderen medialen Repräsentationen als Modelle vorbildhaft für eine ganze Klasse von archäologischen Phänomenen stehen können. Die Grundrisspräparationen sind so deutlich mehr als ein Abbild einer Struktur auf dem Grabungsfeld. Sie werden zu Elementen einer Beweisführung und repräsentieren räumliche und funktionale Zusammenhänge. Vor allem durch die konkrete, materielle Gestalt



Abb. 5 Hausmodelle und Häuserzeile in der Ausstellung der bronzezeitlichen Siedlung Buch im Provinzial-Museum Berlin

der Modelle konnten somit Strukturen begriffen werden, die vorher unbestimmt waren und sonst abstrakt bleiben müssten, Strukturen, die auch auf der Grabung selbst nicht gemeinsam erfasst werden konnten und auf die nur durch das Modell zugegriffen werden konnte.¹⁸

REKONSTRUKTION PRÄHISTORISCHER HÄUSER

In der Herstellung von Rekonstruktionen einzelner Häuser oder der Gesamtanlage der Siedlung im Modell war der Archäologe Albert Kiekebusch jedoch zögerlich, rechnete er doch mit der Vorläufigkeit seiner eigenen rekonstruierten Modelle. Kiekebusch hatte ein rekonstruiertes Modell der gesamten Dorfanlage abgelehnt, auch aufgrund von Schwierigkeiten, die verschiedenen Bodenverfärbungen auf der Ausgrabung überhaupt zu Grundrissen zusammenzusetzen. Statt dessen ließ er einzelne Gebäude als Architekturmodelle anfertigen (Abb. 5).¹⁹ Ihre teilweise abgedeckten Dächer gewährten Einblicke in die innere Konstruktion der Bauten und vermittelten gleichzeitig auch einen räumlichen Eindruck von der Verbindung der baulichen Strukturen untereinander. Rekonstruiert wurden sie mit Hilfe einer vergleichenden Analogiebildung, die häufig eingesetzt wurde, wenn es galt, noch unbekannte oder wenig bekannte archäologische Phänomene zu erforschen. Kiekebusch argumentierte mit

seinen Modellpräparaten und Hausrekonstruktionen gegen eine Vorstellung von prähistorischen Wohnstätten als Gruben. Gruben, die mit vorgeschichtlichem Material verfüllt waren, stellten in seinen Augen keineswegs Behausungen dar, wie dies bis in das 20. Jahrhundert hinein diskutiert wurde. Statt dessen seien diese später verfüllt worden. Als Wohnstätten seien dagegen hölzerne Häuser anzusprechen, die nun bis auf die Spuren im Boden vergangen seien. Damit grenzte er sich auch von anderen Siedlungsmodellen ab.²⁰

Weniger die Herstellung von Endprodukten lag daher im Zentrum von Kiekebuschs Arbeit, vielmehr kam es ihm darauf an, den Prozess der Konstruktion der Siedlung anschaulich werden zu lassen. Dementsprechend war es Ziel der Ausstellung Kiekebuschs „Laien und Forschern die Methode dieser Forschungen sowie die Funde selber einmal zugänglich zu machen und die Ausgrabungsergebnisse zu einem Gesamtbilde zu vereinigen.“²¹ Arbeitsmethode und Beobachtungen der Archäologen sollten den Besuchern dargelegt werden, um daraus Schlussfolgerungen ableiten und eigene Vorstellungen zu dem Gesehenen entwickeln zu können. Die Zusammenstellung der unterschiedlichen Materialien, der Zeichnungen, Fotografien auf den Schauwänden, der Artefakte und Modelle, ermöglichte dabei die Verbindung unterschiedlicher auf der Ausgrabung gewonnener Informationen und ließ den Vorgang der Wissensgewinnung für die Ausgräber und Besucher anschaulich werden. Über den Prozess der Rekonstruktion der Siedlung wurden also auch die Methoden der Erkenntnis mitreflektiert.

Erst mithilfe der Wechselbeziehungen der verschiedenen Repräsentationen konnte die prähistorische Siedlung rekonstruiert werden. Nur die gewonnenen Artefakte wären dafür zu wenig gewesen, erst deren Konstellation im Verbund mit anderen, nicht objekthaften Spuren war für die räumlichen Bezüge aussagefähig. Für Kiekebusch machte gerade die Fragilität und Komplexität dieser Spuren eine differenzierende und strukturierende Darstellung nötig, wie er sie in der Ausstellung des Museums versucht hatte. Die von ihm zusammengestellten medialen Repräsentanten sollten mit den Artefakten

einen räumlichen Zusammenhang herstellen, der so nicht mehr vorhanden war und auch durch die Präparationen auf der Ausgrabung und die Transformation in verschiedene Medien erst konstituiert wurde. Er konnte daher nicht allein in einer Darstellung festgelegt werden.²²

Erst durch komplexe Herrichtungen und medialen Einsatz wurden somit aus den Spuren auf dem Ausgrabungsfeld archäologische Deutungen gewonnen, die einen Zugriff auf die Welt der prähistorischen Siedlungen zu ermöglichen schienen. Modelle und Rekonstruktionen entstanden dabei im Zuge vielfältiger konstruktiver Eingriffe und kreierten einen Raumeindruck des Grabungsortes in der Gesamtschau, dem sie damit auch Dauer verschaffen. Sie synthetisiereten die auf der Ausgrabung gewonnene archäologische Information und ermöglichten in ihrer dreidimensionalen Gestalt Zusammenschau und gegenseitige Bezüge. Sie konnten dabei, wie im Fall der Bucher Siedlung, teilhaben am Material der Ausgrabungsstätte. Somit verdeutlichte die Ausstellung auch, wie die Archäologie aus materiellen Spuren und Resten vergangenes Leben erforscht und fortwährend rekonstruiert.

1 Diese Interpretation des Vorgefundenen als „quasi eingefrorene[s] Abbild einer lebendigen Gesellschaft“ wird daher auch als „Pompeji-Prämisse“ bezeichnet. Reinhard Bernbeck: *Theorien in der Archäologie*, Tübingen/Basel 1997, S. 73.

2 Siehe zum Thema ausführlicher Stefanie Klamm: *Rekonstruktion*, in: Barbara Wittmann (Hg.): *Werkzeuge des Entwerfens*, Zürich (erscheint im Herbst 2013).

3 Zu diesen Architekturmodellen und der Verwendung unterschiedlicher Materialien siehe Valentin Kockel: *Rom über die Alpen tragen*. Korkmodelle antiker Architektur im 18. und 19. Jahrhundert, in: Ders., Werner Helmberger (Hg.): *Rom über die Alpen tragen*. Fürsten sammeln antike Architektur: Die Aschaffenburger Korkmodelle, Landshut/Ergolding 1993, S. 11–31; Valentin Kockel: *Plaster models and plaster casts of classical architecture and its decoration*, in: Rune Frederiksen, Eckhart Marchand (Hg.): *Plaster casts: making, collecting and displaying from classical antiquity to the present*, Transformationen der Antike, 18, Berlin/New York 2010, S. 419–433.

4 Für römische Steinarchitektur hat kürzlich Anita Rieche eine Typologie unterschiedlicher Ansätze zur Rekonstruktion seit dem 18. Jahrhundert erstellt, in der es jedoch weniger um den Grabungsplatz an sich geht. Anita Rieche: *Von Rom nach Las Vegas*. Rekonstruktionen antiker römischer Architektur, Berlin 2012.

5 Christopher Evans: *Modelling monuments and excavations*, in: Soraya de Chadarevian, Nick Hopwood (Hg.): *Models: the third dimension of science*, Stanford 2004, S. 109–137, hier S. 121–126; für Pitt Rivers siehe Mark Bowden: *Pitt Rivers. The life and archaeological work of Lieutenant-General Augustus Henry Lane Fox Pitt Rivers*, Cambridge 1991.

6 Evans 2004, S. 121f.

7 Augustus Henry Lane Fox Pitt Rivers: *A short guide to the Larmer Grounds, Rushmore; King John's House and the Museum at Farnham*, Dorset 1896.

8 Augustus Henry Lane Fox Pitt Rivers: *Excavations in Cranborne Chase, near Rushmore, on the borders of Dorset and Wilts*, Bd. 3,

1892, S. 298.

9 Zu Kiekebusch und der Bucher Ausgrabung siehe Burger Wanzek: *Die bronzezeitliche Siedlung in Berlin-Buch*. Geschichte einer Ausgrabung und Ausstellung, Berliner Beiträge zur Vor- und Frühgeschichte Neue Folge, 10, Berlin 2001; Gisela Eberhardt: *Deutsche Ausgrabungen im ‚langen‘ 19. Jahrhundert*. Eine problemorientierte Untersuchung zur archäologischen Praxis, Darmstadt 2011, S. 172–176.

10 Zum Pfostenloch als archäologischem Erkenntnisobjekt siehe Eberhardt 2011, S. 156–162.

11 Albert Kiekebusch: *Die Ausgrabung eines bronzezeitlichen Dorfes bei Buch in der Nähe von Berlin*, in: *Prähistorische Zeitschrift*, 2 (1910), S. 371–406; Albert Kiekebusch: *Die Ausstellung der Bucher Funde im Märkischen Museum zu Berlin (April bis Oktober 1914) und neue Beobachtungen in vorgeschichtlichen Wohnstätten*, in: *Korrespondenz-Blatt der Deutschen Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte*, 45 (1914), S. 61–73; Albert Kiekebusch: *Die Ausgrabung des bronzezeitlichen Dorfes Buch bei Berlin*, Berlin 1923.

12 Kiekebusch 1914, S. 62.

13 Kiekebusch 1914, S. 65–68; hierzu Wanzek 2001, S. 30f., 93–95.

14 Kiekebusch 1914, S. 67f.

15 Stefan Altekamp: *Das archäologische Gedächtnis*, in: Ders., Knut Ebeling (Hg.): *Die Aktualität des Archäologischen in Wissenschaft, Medien und Künsten*, Frankfurt am Main 2004, S. 211–232, Zitat: S. 226.

16 Kiekebusch 1914, S. 65f., Zitat: 65.

17 Siehe die Definition des Präparats bei Hans-Jörg Rheinberger: *Epistemologica: Präparate*, in: Anke te Heesen, Petra Lutz (Hg.): *Dingwelten. Das Museum als Erkenntnisort*, Köln/Weimar/Wien 2005, S. 65–75.

18 Siehe zum Modell mit der Betonung seiner materiellen und visuellen Eigenschaften Soraya de Chadarevian, Nick Hopwood (Hg.): *Models: the third dimension of science*, Stanford 2004 und Ingeborg Reichle, Steffen Siegel, Achim Spelten (Hg.): *Visuelle Modelle*, München 2008, insbes. S. 9–12.

19 Kiekebusch 1914, S. 68f.; Wanzek 2001, S. 95f.

20 Siehe zur Analogiebildung bei der Interpretation prähistorischer Siedlungsstrukturen Eberhardt 2001, S. 151–162, 181–187; Reinhard Jung: *Das Megaron – ein Analogie(kurz)schluss der ägäischen Archäologie*, in: Alexander Gramsch (Hg.): *Vergleichen als archäologische Methode*. Analogien in den Archäologien; mit Beiträgen einer Tagung der Arbeitsgemeinschaft Theorie (T-AG) und einer kommentierten Bibliographie, Oxford 2000, S. 71–95.

21 Kiekebusch 1914, S. 61 und 70f.

22 Siehe Kiekebusch 1914, S. 62.

ANATOMIE UND ORNAMENT¹

Axel Christoph Gampp

Im Jahre 1543 wurde in Basel das erste Lehrbuch der Anatomie im modernen Sinne veröffentlicht: *De humani corporis fabricae* des Andreas Vesalius (Vesal).² Darin wurde der menschliche Körper systematisch in seine kleinsten Teile zerlegt. Illustriert hat diese Analyse der Tizian-Schüler Jan van Calcar.³

Vesals Publikation unterscheidet sich von allen vorangegangen dadurch, dass er die Integrität des menschlichen Körpers, die ältere Publikationen noch auszeichnete, vollständig aufgab. In gewisser Weise ist das Buch damit Ausdruck eines analytischen Denkens, das im ausgehenden 15. Jahrhundert einen merklichen Aufschwung erfuhr. 1492 veröffentlichte der Florentiner Angelo Poliziano sein „Panempistemon“. Der programmatische Titel ist ein Neologismus und besagt: Alles Wissend.⁴ Absicht des Autors ist es, das gesamte Wissen seiner Zeit zu erfassen und zu ordnen. Die Analyse verläuft zwischen den beiden Eckpunkten *totum* (Alles) und *unum* (das Einzelne) und folgt den Kriterien des *dividere* (teilen) und des *redigere* (zusammenfügen).⁵ In diesem Zusammenhang kommt ein älteres Schema zu neuen Ehren: der Baum als Dispositionsmetapher.⁶ Das Schema des Baumes als

epistemologisches Ordnungssystem hat seinen Ursprung im Mittelalter, wird aber nun derart belebt, dass es zum primären Ordnungssystem überhaupt wird. Polizianos Denken liegt es zunächst im analytischen Ansatz zugrunde. Wenig später findet es auch eine graphische Umsetzung, etwa in der *Margarita Philosophica* von Gregor Reisch, erstmals 1503 in Freiburg erschienen.⁷

Auf dem Baummodell fußt auch Vesals Analyse.⁸ Es bildet gleichsam das geistige Rückgrat, an dem jene Art des Sezierens in kongenialer Weise hängt.

Für unseren Zusammenhang ist wesentlich, dass sich diesem epistemologischen System ein anderes epistemologisches Vorgehen zur Seite stellen lässt: die Analogie.⁹ Setzt man zwei in Baumform analysierte Wissensbereiche nebeneinander, so lassen sich die darin erfassten Erkenntnisse auf allgemeiner Ebene, gleichsam auf der Höhe des Stammes, miteinander vergleichen, ohne dass der Erkenntnisgewinn übermäßig groß wäre. Groß wird er erst, wenn man auf das Astwerk und die immer feineren Verästelungen blickt. Hier mag es zu Vergleichen auf abstrakterer Ebene kommen, die sich durch größere Gemein-

samkeiten auszeichnen. Michel Foucault hat für die Analogie zwei Unterkategorien ausgemacht: die *convenientia* und die *aemulatio*.¹⁰ Während erstere eine relativ entfernte Analogie bezeichnet, im vorgenannten Sinne etwa auf der Ebene der Stämme, so hebt letztere die Nähe hervor auf der Ebene der Verästelung. Wenn etwa Michelangelo formuliert, die Architektur lasse sich von den Teilen des Körpers ableiten, und wer nichts von Anatomie verstehe, verstehe auch nichts von Architektur, dann wird damit auf eine Analogie der *aemulatio* angespielt.¹¹

Vor dem Hintergrund dieser Erkenntnis- und Analogiemöglichkeiten mag der weiteren Rezeption des Vesal eine ganz besondere Rolle zukommen, insbesondere im Gebiet des Oberrheins in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts.

DIE VERBREITUNG VESALS AM OBERRHEIN

Vesals Werk fand am Oberrhein regen Anklang. Insbesondere der vornehmlich in Straßburg agierende Humanist Walter Ryff (Gualterius Rivius) sorgte für eine weitere Verbreitung, nicht so sehr der *Humani corporis fabrica*, sondern vor allem jener zehn anatomischen Tafeln, die Vesal bereits 1541 in Druck gegeben hatte.¹² Ryff war aber in mannigfaltiger Weise interessiert. Er gab fast zeitgleich auch die erste deutsche Vitruv-Übersetzung heraus, den sogenannten Vitruvius Teutsch, sowie eine erste Übersetzung von Leon Battista Albertis Malereitratat.¹³ Vor allem Vitruv ist für den weiteren Fortgang wesentlich, weil bei ihm anthropomorphe Bezüge zur Grundlage seiner Architektur werden, namentlich, was die Säulenordnungen und deren Proportionierung anbelangt.

Neben Ryffs Werk sind mindestens zwei Vesal-Ausgaben zu stellen, die für die folgende Argumentation Bedeutung haben: noch im Erscheinungsjahr wurde Vesal auch in Basel ins Deutsche übertragen und zwar von keinem geringeren als dem Rektor der Universität, Alban Zum Thor (Torinus).¹⁴ Er wird damit ein breites Interesse befriedigt haben, denn auch am Oberrhein galten damals das Sezieren als Volksspektakel.¹⁵ Jahre später, 1581, ließ der Basler Arzt Felix Platter eine Neuedition von Vesal

anfertigen unter dem Titel *De corporis humanis structura et usu*, die sich vom Original dadurch unterscheidet, dass die Abbildungen nicht im Holzschnitt, sondern im Kupferstich angefertigt wurden, was in der Zeichnung erheblich mehr Feinheiten zulässt.¹⁶ Möglicherweise ist sie – wiewohl nun wieder im lateinischen Original herausgegeben – für Künstler noch ansprechender als jene von Calcar illustrierte.

WENDEL DIETTERLIN¹⁷

Wendel Dietterlin wurde Mitte des 16. Jahrhunderts im süddeutschen Puffendorf geboren und lebte und arbeitete vor allem in Straßburg, wo er 1599 starb. Er tritt in einem Moment auf den Plan, als sich drei Fäden verknüpfen lassen: Verbreitung der Anatomie durch Vesal und seine Nachfolger, Verbreitung von Vitruv durch eine deutsche Übersetzung – und beides vor dem Hintergrund einer Logik der Analogie auf Basis der Baumdisposition mit *convenientia* und *aemulatio* als Kriterien. Just zu diesem Zeitpunkt legt Dietterlin sein Hauptwerk vor, die *Architectura von Ausstheilung, Symmetria und Proportion der Fünff Seulen*. Die Edition war ein Großunternehmen: ein erster Teil erscheint in Stuttgart 1593, ein zweiter in Straßburg 1594 und schließlich die Gesamtausgabe in Nürnberg 1598.¹⁸ Alle Ausgaben erscheinen gleichzeitig auf Deutsch, Französisch und Lateinisch, was wegen des geringen Textanteiles keine unüberwindbare Schwierigkeit darstellte. Der Titel rückt das Buch sogleich in eine Nähe zu Vitruv und insbesondere der Vitruv-Ausgabe von Ryff. Während Ryff sich jedoch in seiner Ausgabe der Abbildungen der italienischen Edition von Cesare Cesariano aus dem Jahre 1521 bediente, erfindet Dietterlin seine Abbildungen sämtlich neu. Dabei werden auf spektakuläre und in bislang ungekannter Weise Elemente der Architektur mit solchen aus der Natur verschmolzen. Ohne die Invention schmälern zu wollen, ist eine wesentliche Voraussetzung dafür jene intellektuelle Analyse, die den zu analysierenden Gegenstand in seine kleinsten Teile zerlegt und damit die Möglichkeit bietet, vermittels der *aemulatio* Nähen



Abb. 1 Wendel Dietterlin: Architectura von Ausstheilung, Symmetria und Proportion der Fünff Seulen, Tav. 108

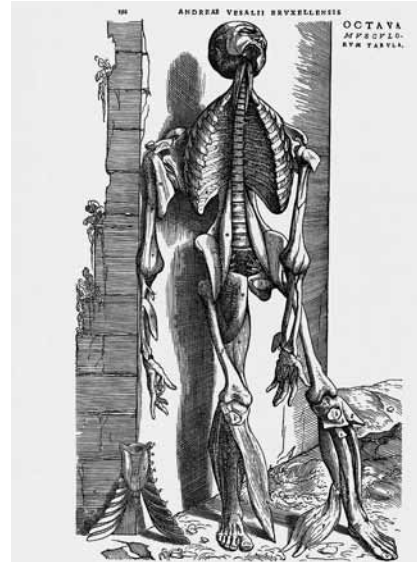


Abb. 2 Andreas Vesalius: De humani corporis fabricae, Basel 1543, Tav. 192.



Abb. 3a/b Wendel Dietterlin, Tav. 100, Detail, und Felix Platter: De corporis humani structura et uso, Drittes Buch, Basel 1581, Tav. 43 (Detail)

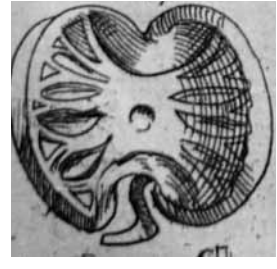


Abb. 5a/b Wendel Dietterlin, Tav. 102 (Detail) und Platter, op.cit., Drittes Buch, Tav. 41 (sezierte Niere).



Abb. 4a/b Wendel Dietterlin, Tav. 76 (Detail) und Platter, op.cit., Drittes Buch, Tav. 4 (Detail Wirbelsäule)



Abb. 6a/b Wendel Dietterlin, op.cit., Tav. 39 und Platter, Drittes Buch, Tav. 13 (Knorpel der Luftröhre).

zu anderen Disziplinen zu erkennen, und sei es rein auf formaler Ebene. Das *redigere*, das Zusammenfügen, kann damit auf der Ebene des Astwerkes jenes erwähnten Baummodelles erfolgen, wo von einem Baum ein Partikel in das Astwerk eines anderen aufgepfropft werden kann. Genau so verfährt Dietterlin. Am deutlichsten erkennbar ist das Verfahren im Entwurf für einen Kamin, wo der Wappenschild auf dem Kaminhelm von einem offenen Thorax hinterfangen ist (Abb. 1). Zweifelsfrei ist der Thorax Vesals Vorlage entnommen (Abb. 2). Diese Motivübertragung ist allerdings noch nicht auf den äußerten Verästelungen der Baumdisposition angesiedelt; im Grunde genommen zeigt sie auch nur eine *convenientia* und keine *aemulatio*. Jene tritt erst bei Motivübertragungen am Ende der Analysesequenz auf. Sucht man hier nach entsprechenden Motiven, so mag es vorstellbar sein, dass Teile des Thorax zu jenen Zierelementen von Konsolen mutieren (Abb. 3), die in anderen Abbildungen von der Wirbelsäule beeinflusst zu sein scheinen (Abb. 4). Kaum erforscht ist die Entwicklung der Kartusche, die sich ab der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts überall durchsetzt. Auch hier wäre zu prüfen, inwiefern die Kartusche von der anatomischen Analyse beeinflusst wurde. Im Falle von Dietterlin scheint der Schluss jedenfalls unmittelbar auf der Hand zu liegen, vergleicht man den Schnitt durch eine Niere aus Plattners Vesal-Ausgabe mit einer Giebelkartusche bei Dietterlin (Abb. 5). Dietterlin wird auch als einer der Urväter des sogenannten Knorpelwerkstils erachtet, der sich im 17. Jahrhundert im deutschsprachigen Raum namentlich im Bereich des Möbelhandwerks, aber auch der Architektur großer Beliebtheit erfreute.¹⁹ In der Tat lässt sich eine andere Kartusche sehr wohl aus der Form eines Knorpels ableiten (Abb. 6). Dietterlins Verfahren steht nicht ganz vereinzelt da. Für das Anatomiebuch von Juan Valverde, recht eigentlich ein Plagiat Vesals, hat Nicolas Beatrizet bereits 1559 anatomische Teile in das architektonische Rahmenwerk des Frontispizes eingebaut.²⁰ Dort werden aber Skelette zu Karyatiden, ein Cranium mutiert zum Schlussstein im Giebelfeld. Von einer Motivübertragung nach den Kriterien der *aemulatio* kann aber nicht

die Rede sein. Einzig die beiden Kreuzbeine (*os sacrum*), die er anstelle einer Konsole im Fries verwendet, gehen in jene Richtung, die erst Dietterlin mit Entschiedenheit beschriftet.

NACHWIRKUNG

Ob das Frontispiz des Beatrizet oder Wendel Dietterlins Traktat für eine unmittelbare Rezeption in Italien maßgeblich waren, ist nicht zu beantworten. Der aus Pommern gebürtige Johannes Criegher hat jedenfalls im Frontispiz der Vesal-Ausgabe Venedig 1604 auf einmal auch einzelne Teile des menschlichen Körpers in die rahmende Architektur aufgenommen.²¹

Die gesamte Nachwirkung Dietterlins auf den Ornamentstich und den deutschen Knorpelstil lässt sich nur in Umrissen erahnen.²² Eine vertiefte Untersuchung steht noch aus, so dass über weitere Motivübertragungen nur spekuliert werden kann.

Dass es dergleichen gegeben haben muss, belegt eine italienische Publikation des 17. Jahrhunderts, die *Bizzarie di varie figure* des Giovanni Battista Bracelli, Florenz 1624. Die Wesen, die vom Habitus her der Comedia dell'arte entsprungen zu sein scheinen, agieren als Skelette. Eine Motivübertragung findet auch hier also nur im Bereich der *convenientia* statt.

Zur *aemulatio* gibt es allerdings einen fernen und gleichzeitig überraschenden Nachglanz im 18. Jahrhundert. Seiner *Analysis of beauty* fügt William Hogarth 1753 zwei Tafeln bei. Bereits auf der ersten ist die Anatomie in zwei seziierten Beinen präsent. Wesentlicher ist aber, dass auf der zweiten Tafel ein Beckenknochen erscheint, dem eine Rocaille zur Seite gestellt ist, auf die ihrerseits ein Motiv des Knorpelstils folgt. Hogarth schreibt dazu: „Wie zierlich erscheinen uns diese Knochen [i.e. die Beckenknochen; Anm. d. Verf.], wenn unser Vorurteil gegen sie als Teil eines Skeletts überwunden wurde, indem man sie ein wenig wie Laubwerk aussehen lässt [...]. Solche muschelähnlichen Formen, vermischt mit sich darum rankendem Laubwerk, werden bei allen Ornamenten verwendet, eine Art der Komposition, die nur dazu bestimmt ist, das Auge zu erfreuen.“²³ Als weiteres Motiv wird dieser

Argumentation noch ein muskelumwundener Oberschenkelknochen zur Seite gestellt, bei dem jene Schlangenlinie vollkommen verkörpert ist, die Hogarth als Grundlage jeglicher Schönheit ausmacht.

EPILOG

Alles, was schemenhaft dargestellt wurde, verdiente natürlich eine Vertiefung, sowohl bei Dietterlin als auch bei seinen Nachfolgern. Eine Geschichte der Kartusche, die noch gar nicht verfasst wurde, müsste diese Problematik intensiv verfolgen. Aber auch für manche Rokoko-Formen sollte man nicht nur die Muschel als Referenz suchen.

Das Verhältnis zwischen Anatomie und Ornament ist vielleicht im 19. Jahrhundert etwas abgekühlt, aber es hat nie ganz an Aktualität verloren. In Alfred Bartholomews „Hints relative to the construction of fire-proof-buildings“, London 1839, wird die Skelettbauweise erstmals anhand eines Skeletts illustriert, das sich in einem gotischen Strebepfeiler erhebt und dessen knochige Arme als Strebebögen die Obergadenwand stützen. In der Tat ist von hier ausgehend der Bezug zwischen Architektur und Anatomie für das 20. Jahrhundert wieder hochaktuell geworden. Im Begriff spricht eine der grundlegendsten Bauweisen der Moderne selbst davon: Stahlskelettbau.

Mit ihrem Verfahren der Motivübertragung haben Dietterlin und seine Nachfolge womöglich nicht dazu beigetragen, durch Schönes Wissen zu schaffen. Eher haben sie durch Wissen Schönes kreiert. In jedem Fall haben sie einen Weg eröffnet, der auf Umwegen bis in die Gegenwart führt und dessen potentiellen Erkenntnisgewinn sich vom Ansatz her noch bei weitem nicht erschöpft hat.

1 Das hier vorgestellte Thema hat wenige, aber wichtige Vorläufer, insbesondere Erik Forssman: *Säule und Ornament*. Studien zum Problem des Manierismus in den nordischen Säulenbüchern und Vorlageblätter des 16. und 17. Jahrhunderts, Stockholm 1963. Vgl. dabei insbesondere S. 186–192 zur Genesis des Ohrmuschelstils. Jüngst wurde der Bezug auch erwähnt bei Alina A. Payne: *The Architectural Treatise in the Italian Renaissance*. Architectural Invention, Ornament, and Literary Culture, Cambridge 1999, S. 211–213.

2 Siehe dazu Charles Singer: *The evolution of Anatomy*, London 1925, S. 90; Charles Donald O'Malley: *Andreas Vesalius of Brussels*, Berkeley/Los Angeles 1964, S. 84–88, zu Oporinus *ibid.*, S. 131; Martin Steinmann: *Johannes Oporinus. Ein Basler Buchdrucker um die Mitte des 16. Jahrhunderts*, Basler Beiträge zur Geschichtswissenschaft, Bd. 105, Basel 1967.

3 Die Rolle Van Calcars ist nicht unwidersprochen. Die Zuschreibung basiert auf Giorgio Vasari: *Le vite dei più eccellenti pittori, scultori e architetti*, Ed. Giuntina 1568: *Vita Tizians* (elektronische Ausgabe des Centro di Ricerche Informatiche per i Beni Culturali Pisa, Bd. 6, S. 171). Für eine Zuschreibung an Tizian siehe Erica Tietze-Conrat: *Neglected contemporary sources*, in: *Art Bulletin* XXV, Nr. 2, Juni 1943, S. 154–159; Charles M. Bernstein: *Titian and the anatomy of Vesalius*, in: *Bollettino dei musei civici veneziani*, 1977, XXII, S. 39–50.

4 Zur Bedeutung des Buches siehe Steffen Siegel: *Tabula. Figuren der Ordnung um 1600*, Berlin 2009. Die Dissertation von Jean-Marc Mandioso: *La classification des sciences et des arts à la Renaissance*. Ange Politien, Panepistemon (L'Omniscient 1492). Édition, traduction et commentaire, Diss., Paris 1998, war dem Verfasser nicht zugänglich.

5 Siegel 2009, S. 10–11.

6 Siehe zum *Arbor Scientiae* jüngst: Fernando Domínguez Reboiras u. a. (Hg.): *Arbor scientiae*. Der Baum des Wissens von Ramon Lull. Akten des Internationalen Kongresses aus Anlaß des 40-jährigen Jubiläums des Raimundus-Lullus-Instituts der Universität Freiburg (Subsidia Lulliana, 1), Turnhout 2002.

7 Gregor Reisch: *Margarita Philosophica*, Freiburg 1503, S. 4 (hier verwendet das Exemplar der Bayerischen Staatsbibliothek München).

8 Andreas Vesalius: *De humani corporis fabricae*, Basel 1543, S. 12.

9 Zur Analogie als epistemologisches Instrument: Michel Foucault: *Les mots et les choses*, Paris 1966, S. 32–40, dabei insbesondere S. 36–38.

10 Foucault 1966, S. 36–37.

11 Das Zitat bei David Summers: *Michelangelo and the Language of Art*, Princeton 1981, S. 418. Dazu Payne 1999, S. 211.

12 Harvey Cushing: *A Bio-Bibliography of Andreas Vesalius*, Hamden/London 1962, S. 21.

13 Hubertus Günther: *Les ouvrages d'architecture publiés par Walther Hermann Ryff à Nuremberg en 1547 et 1548*; in: Sylvie Deswarte-Rosa (Hg.): *Sebastiano Serlio à Lyon: architecture et imprimerie*, Bd. 1, Lyon 2004, S. 501–503; Julian Jachmann: *Die Architekturbücher des Walter Hermann Ryff*. Vitruvrezeption im Kontext mathematischer Wissenschaften, Stuttgart 2006, S. 17–24. Siehe auch: Josef Benzing: *Walther H. Ryff und sein literarisches Werk*. Eine Bibliographie, Hamburg 1959. Die Ausgabe von Albertis Della Pittura ist inkorporiert in Ryff Ausgabe mit dem Titel „Der furnembsten/ notwendigsten/ der gantzen Architectur angehörigen Mathematischen und/ Mechanischen künste/ eygentlicher bericht/ und vast klare/ verständliche unterrichtung/ zu rechtem verstand/ der lehr Vitruuij [...]“. Durch Gualtherum H. Riuium Medi. & Math. [...] Zu Nürnberg Truckts Johan Petreius. Anno 1547“.

14 „Von des menschen coerpers Anatomey, ein kurtzer, aber vast nützer auszugs, ausz D. Andree Vesalij von Brussel buecheren, von ihm selbs inn Latein beschriben, unnd durch D. Albanum Torinum verdolmerscht“, Basel 1543. Hier verwendet das Exemplar der Universitätsbibliothek Basel, Sign. LB I 17:2 Folio. Zu dieser Ausgabe siehe Cushing 1962, S. 78 und 114f. Zu Zum Thor (Albanus Torinus): Henry E. Sigrist: *Albanus Torinus and the German Edition of the Epitome of Vesalius*, in: *Bulletin of the History of Medicine*, Bd. 14, Nr. 5, 1943, S. 652–666.

15 Von einer öffentlichen Sezierung berichtet Platter selbst, siehe Felix Platter: *Tagebuch (Lebensbeschreibung) 1536–1567*, Hg. von Valentin Lötscher, Basel/Stuttgart 1976, S. 353. Zur Rolle der Anatomie im öffentlichen Leben Basels: Michael Stolberg: *Die Basler Universitätsanatomie in der frühen Neuzeit*. Einsehbar nur in elek-

tronischer Form unter: http://www.unigeschichte.unibas.ch/cms/upload/Aufbrueche_Stagnationen/Downloads/Stolberg_Anatomie.pdf (Stand Nov. 2012).

16 Zur Platter-Edition: Cushing 1962, S. 97ff. mit der Übersetzung der Einleitung zum dritten Buch. Im Frontispiz des dritten Buches, das auch das Porträt Platters zeigt, erscheint die Jahreszahl 1581.

Verwendet wurde hier das Exemplar der Universitätsbibliothek Basel. Der Unterschied in der Abbildungsqualität ist sofort auszumachen. Im Hinblick auf Vesals Edition sprechen sowohl Cushing, (wiederholte Male) wie auch O'Malley 1964, S. 131 von „wood-blocks“, also von Holzschnitten.

17 Zu Dietterlin siehe Jürgen Zimmer: *Wendel Dietterlin (1550/51–1599)*. *Architectura von Ausstheilung, Symmetria und Proportion der Fünff Seulen*, in: *Architekturtheorie von der Renaissance bis zur Gegenwart*, Köln 2003, S. 520–522.

18 Zur Editions-geschichte Susanne Vieten-Kreuels: *Wendel Dietterlin*, in: Hubertus Günther (Hg.): *Deutsche Architekturtheorie zwischen Gotik und Renaissance*, Darmstadt 1988, S. 156–163, hier S. 156–157; G. Ulrich Grossmann: *Die Ausgaben der „Architectura“ des Wendel Dietterlin*, in: *Anzeiger des Germanischen Nationalmuseums*, Nürnberg 1997, S. 157–174.

19 Siehe dazu Rudolf Zöllner: *Deutsche Säulen-, Zierraten- und Schild-Bücher 1610–1680*. Ein Beitrag zur Entwicklung des Knorpelwerkstils, Diss., Kiel 1959. Er sieht einen direkten Einfluss Dietterlins auf Rütger Kasemann (*Architectura*, 1615; *Seilenboch*, 1616 und 1622; *Architectura*, 1630; Zöllner S. 26 und 65), auf die Ornamentstiche von Gottfried Müller (Zöllner S. 47), auf Nicolaus Rosman (*Zirat-Büchlein*, 1627; Zöllner S. 54), und auf Donath Horen (*Ziraten* Buch, Nürnberg 1695; Zöllner S. 109).

20 *Anatomia del corpo humano*, Rom 1559. Siehe dazu *The Illustrated Bartsch*, Bd. 20, New York 1982, S. 305 sowie Cushing 1962, S. 148, Nr. 35.

21 Cushing 1962, S. 94 und Abb. 66.

22 Siehe dazu Anm. 19.

23 William Hogarth: *Analyse der Schönheit* (übers. von Jörg Heininger), Dresden/Basel 2010, S. 97.

ZUM VERHÄLTNIS VON SCHREIBEN UND ZEICHNEN IN DER GRAPHISCHEN PRAXIS VON CHARLES SANDERS PEIRCE

Benjamin Meyer-Krahmer

Charles Sanders Peirce (1839–1914) hat ein Gesamtwerk von etwa 100 000 Manuskriptseiten hinterlassen, in dem sich neben handschriftlichem Text eine große Vielfalt graphischer Hervorbringungen findet, die von logischen Graphen über topologische Studien bis zu Computationsbögen und gegenständlichen Zeichnungen reicht. Bislang wurde die Peirce'sche graphische Praxis kaum beachtet und den Manuskripten im Rahmen der Peirce-Forschung keine eigene Signifikanz beigemessen. In keiner der vorliegenden Peirce-Ausgaben sind Faksimiles in nennenswertem Umfang zu finden, noch waren die Manuskripte je Gegenstand einer umfangreicheren Untersuchung.¹ Symptomatisch scheint dieser Befund für die vorherrschende Überzeugung, dass sich (philosophisches) Denken primär im Medium der Sprache vollziehe und sich somit ‚naturgemäß‘ schriftlich bzw. als Text vermitteln lasse. Allen Diskussionen um die Enge eines solchen Verständnisses zum Trotz lebt hier ein Glaube weiter, der sich gerne spiritueller Metaphorik bedient: „Es ist ein sehr intimes Verhältnis, das zwischen Schriftlichkeit und Philosophie besteht. [...] [D]as Philosophieren [ist] innig verbunden mit seinem schriftlichen Medium.

Jeder philosophische Text erscheint wie eine Epiphanie der Philosophie selbst.“² Charles Sanders Peirce hingegen behauptet von sich: „I do not think I ever reflect in words: I employ visual diagrams [...]“³ und „I draw incessantly“.⁴ Während sich das zweite Zitat allgemein auf das Denken mit der Feder auf dem Papier beziehen lässt, verweist das erste auf die Methode des „diagrammatic reasoning“, die Peirce praktiziert und über Jahrzehnte kontinuierlich zeichnend und schreibend reflektiert. Diese und weitere Selbstaussagen zur zentralen Bedeutung des Zeichnens entsprechen dem Eindruck, der sich bei der Betrachtung der Manuskripte unmittelbar einstellt, insofern der große Anteil nichtsprachlicher graphischer Artefakte deutlich wahrnehmbar ist. Angesichts der Heterogenität dessen, was Peirce mit der Feder auf dem Papier hervorbringt, verwende ich im Folgenden den Begriff der graphischen Praxis, die neben dem Schreiben von Buchstaben und Zahlen jegliche Form des Notierens, Kritzelns, Schraffierens, Zeichnens usw. umfasst. Im Rahmen einer längerfristigen Untersuchung sollen diese in den Manuskripten zu findenden Formen visuellen Denkens ausgehend von der These analysiert

werden, dass es sich dabei zum Großteil um graphische Hervorbringungen handelt, die dem „Extended Mind“-Modell entsprechend als eine konstitutive Komponente von Denkprozessen verstanden werden können und dementsprechend eine Vielzahl epistemischer Funktionen erfüllen.

DIE MANUSKRIPTE – „THE PEIRCEAN TEXT“

Ein kurzer Blick auf die Editionsprojekte verdeutlicht die Herausforderung, die das nachgelassene Material darstellt.⁵ Nach dem Tod Charles Sanders Peirce' im April 1914 erhielt das Philosophy Department der Harvard University im Winter 1914/15 dessen handschriftlichen Nachlass von Peirce' Witwe Juliette Peirce. Nach einer vier-einhalb Jahrzehnte umfassenden Geschichte mit mehreren ‚dark times‘ liegt der gesamte Korpus der „Charles Sanders Peirce papers“ – so die Bezeichnung im Bibliothekskatalog – seit 1960 in der Houghton Library der Harvard University.⁶ Nach einigen vorangegangenen Anläufen wurden die etwa 100 000 Seiten in den 1960er Jahren von Richard Robin in 1644 Manuskripte und 484 Korrespondenzordner sortiert.⁷ Auf dieser Ordnung basieren auch die Mitte der 1960er Jahre angefertigten Mikrofilme des Nachlasses,⁸ die Dank des von Robin parallel zur Verfilmung erstellten Schlagwortkataloges zumindest grob navigierbar sind. Die Ordnung des Nachlasses in Manuskripte und insbesondere das Unterteilen einer chronologischen Ordnung sehen sich unter anderem mit zwei Problemen konfrontiert, die jegliche Edition wie auch Untersuchung des Materials erschweren: Weniger als die Hälfte der Papiere ist datiert und viele Seiten können nicht eindeutig einem Manuskript zugeordnet werden. Allein diese letzteren, von Robin als „Unidentified Fragments“⁹ oder „Miscellaneous Fragments“¹⁰ kategorisierten Fälle, umfassen insgesamt mehrere Tausend Seiten. Ein erster editorischer Versuch von Charles Hartshorne und Paul Weiss mündete 1931–35 in die ersten sechs Bänden der *Collected Papers*, von denen zwei weitere Ende der 1950er Jahre von Arthur Burke herausgegeben wurden.¹¹ Seit der Gründung des Peirce Edition Projects 1976 in Indiana-

polis, erscheint die chronologische Edition *The Writings of Charles Sanders Peirce*.¹² Bislang sind sieben der geplanten dreißig Bände erschienen, nach erfolgreicher Durchführung des Projektes wird auch diese, weitaus umfangreichste Edition nur ein Drittel des Peirce'schen Schriftens zugänglich machen. Angesichts der Materiallage und der editorischen Ansätze, scheint die Perspektive von Keeler/Kloesel realistisch, dass ein Peirce-Leser immer auch die Rolle eines Editors innehat, da ihm mehr noch als im Falle anderer, vollständiger edierter Autoren, die Aufgabe des Auswählens und des Zueinander-in-Bezug-Setzens zufällt.¹³

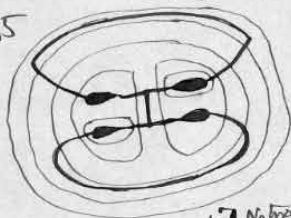
DIE GRAPHISCHE PRAXIS – ZUM VERHÄLTNIS ZEICHNEN UND SCHREIBEN

Peirce bedient sich einer Vielzahl von Formen des Gebrauchs der Feder auf dem Papier und bewegt sich dabei in Kontinuen zwischen Schrift und Bild, Gegenständlichkeit und Abstraktion, Schreiben und Zeichnen. Da er all diese graphischen Ausdrucksformen mit demselben Werkzeug zu Papier bringt, wechselt er beim Ausführen des graphischen Aktes übergangslos zwischen den diversen Modi und bringt dabei Zeichen hervor, die sich in semiotischer, operativer, ästhetischer Hinsicht qualitativ voneinander unterscheiden, jedoch alle in einem Zug hervor-gebracht, Elemente ein- und desselben Prozesses sein können.

Gut zu sehen ist dies beispielsweise im so genannten „Logic Notebook“, dem bislang unveröffentlichten Manuskript 339. Interessanterweise gehen in diesem Notizbuch, wie auch in anderen Manuskripten, Zeichnungen, bei denen es sich auf der hier gezeigten Seite um logische Graphen handelt, häufig dem Text voraus: Der Kommentar ist in einer Weise um die Graphen herumgeschrieben, die die Reihenfolge von Zeichnen und Schreiben erkennen lässt und deutlich macht, dass die kurzen Einlassungen in gewisser Weise als Reaktionen auf die zuvor gezeichneten Graphen zu verstehen sind. Angesichts des hohen Abstraktionsniveaus der annotierenden Einlassungen ist es schwierig zu entscheiden, inwiefern es sich dabei um Beobachtungen han-

No 5 Given any character
there is another such that
taking anything whatever
it either possesses the second & not the first
or the first and not the second

No 5

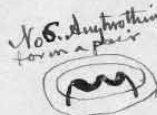


No 11



No 10

The universe here
requires attention
But for simplicity
in these graphs different
universes are not
distinguished



No 6. Any two things
form a pair

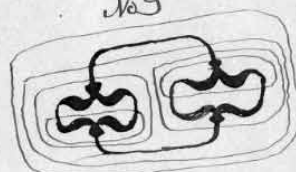
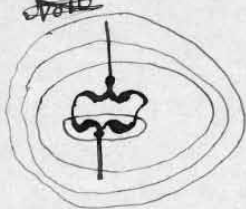
No 7. No two things
form more than one pair



No 8. The same pair is formed
by one only two things in
a given order.

The facile abstraction
of ordinary language
pairs these two into one
proposition.

No 9 Given any relation
there is a relation such that
taking any two things
either the first is not in the first relation to the second
or the second is in the second relation to the first



No 9

and either the first is
not in the first relation
to the second
or the second is not
in the second relation
to the first

taking

delt, die an den gezeichneten Graphen gemacht wurden oder aber um Erläuterungen dessen, was die Graphen veranschaulichen sollen – ob es sich also um im Angesicht der gezeichneten Graphen entstandene (hypothetische) Erkenntnisse handelt oder ob die Graphen lediglich bereits zuvor Gewusstes illustrieren. Da wir jedoch wissen, dass Peirce dieses Notizbuch über eine lange Zeit bei sich getragen hat, um darin Ideen zur Logik in dem Moment festhalten zu können, in dem sie für ihn formuliert- bzw. zeichnbar wurden, ist davon auszugehen, dass auch hier eine komplexere Konstellation vorliegt. Was sich an den in der Aufzeichnung sichtbar werdenden Wechselwirkungen von Zeichnen und Schreiben erkennen lässt, ist die komplexe Interaktion von Imagination, Exteriorisierung, Betrachtung, Kommentierung und Modifikation, die zu den für die Peirce'schen Manuskripte typischen, scheinbar endlosen Serien von Zeichnungen führt. Von Moritz Epple, einem Historiker der Knotentheorie, mit der sich Peirce ebenfalls intensiv beschäftigt hat, stammt der überzeugende Gedanke, dass es sich bei Zeichnungen wie diesen um Spuren eines Verfahrens handelt, das dazu dient, die Imagination zu kontrollieren.¹⁴ Dies scheint auch im Hinblick auf die Konstellation von Zeichnen und Schreiben relevant, die es hier zu untersuchen gilt: Wie in der von Epple studierten Entstehung der Knoten-Topologie herrscht auch hier, bei der Entwicklung der ebenfalls auf topologischen Studien basierenden logischen Graphen, ein Beschreibungs- und Notationsproblem, das sich mit dem Aufkommen einer Disziplin und der Beschäftigung mit einem neuen Gegenstandsbereich einstellt: „tastend“, „empirisch suchend“ macht sich Peirce auf die Suche nach einer Notation für ein Phänomen (die relationale Logik), das er bislang nicht untersucht hatte, von dem er aber denkt, dass er es mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Methoden entwickeln können.¹⁵ Das Empirische bezeichnet hier den Umgang mit der Gegebenheit des Phänomens als Erkenntnisgegenstand, als „epistemisches Ding“ (Rheinberger): „es verkörpert materialiter, was man noch nicht weiß“.¹⁶ Damit stellt das neue „epistemische Ding“ (auch) die Aufgabe, eine operativ effiziente Darstellung der Aspekte / Charakteristika zu entwickeln, die

man untersuchen möchte, da man andernfalls nur mit dem „Ding“ selbst arbeiten kann, was bedeutet, dass sich nur schwer Verallgemeinerungen, allgemein gültige Aussagen formulieren und darstellen bzw. notieren lassen. Wichtig ist dabei im Hinblick auf die im „Logic Notebook“ vorliegende Form der graphischen Praxis auch, dass nicht nur der Gegenstand selbst notiert werden können muss, sondern auch Aussagen über ihn, wofür oftmals die bis dahin verfügbaren sprachlichen und zeichnerischen Mittel nicht ausreichen, wenn es sich um neue Wissensgebiete handelt.

Der fließende Wechsel zwischen unterschiedlichen Modi der graphischen Praxis ist entscheidend für die hier zugrundegelegte Perspektive, die im Sinne des „Extended Mind“-Modells davon ausgeht, dass die Zusammenarbeit von Auge, Geist und Hand ein „coupled system“ darstellt und dass dessen großes Potential in der graphischen Praxis sichtbar wird: In dieser zwischen Sprache, Schrift und Bild vermittelnden Praxis kann sich das ikonische und sprachliche Dimensionen einschließende Denken unmittelbar ausdrücken als in anderen Medien. Anders als bei der Arbeit mit der Schreibmaschine oder dem Computer kann das Schreiben mit der Feder (oder einem anderen Schreibwerkzeug) auf dem Papier unmittelbar, ohne einen Wechsel der Soft- oder Hardware ins Zeichnen übergehen und umgekehrt: Die beim Schreiben auf dem Papier gezogene Linie ist immer nur eine Wendung davon entfernt, den Bereich der Sprache zu verlassen. Zudem geraten Punkt, Komma, Strich unter der Hand zum Bild, von Tintenklecksen und Kritzeleien zum Testen einer neuen Feder ganz zu schweigen – Phänomene, die beim Schreiben mit Hilfe von Tastaturen ebenfalls nicht auftreten.¹⁷ Diese zuletzt genannten Beobachtungen lassen sich an Manuskripten vieler Autoren anstellen. Das Besondere der graphischen Praxis in den Peirce'schen Manuskripten liegt in der Verflechtung von Zeichengebrauch und -theorie, in der Heterogenität der graphischen Artefakte und im Umfang ihres nichtsprachlichen Anteils. Ein systematischer Zugriff auf der Basis einer Typologisierung der graphischen Artefakte scheint zumindest im Moment noch unrealistisch angesichts der Masse des Materials und dessen

Heterogenität. Möglich hingegen ist eine Annäherung mit Hilfe einer tentativen Benennung von basalen Funktionen der graphischen Praxis, die sich zumindest teilweise auch mit Peirce'schen Begriffen unternehmen lässt. Ein grundlegendes Charakteristikum, der Zusammenhang von graphischer Praxis, Experiment und Serialität wird unten weiter erläutert.

Indem Peirce „exhibiting reasoning“ zu einem Kriterium der Beurteilung von Notationen erhebt,¹⁸ gibt er einen Hinweis darauf, was eine, wenn nicht *die* zentrale epistemische Funktion der graphischen Praxis ist: das Sichtbarmachen, Darstellen des „Reasoning“-Prozesses in all seinen Phasen, also vom Darstellen des Problems und Formulieren einer Hypothese, über das Experimentieren, Argumentieren und schließlich zum Beweisen. An die graphische Praxis werden also operative wie auch repräsentative Anforderungen gestellt. In seiner Darstellung der prinzipiellen Abhängigkeit des Denkens von der graphischen Praxis setzt Peirce jedoch noch ‚unterhalb‘ der Komplexität epistemischer Prozesse an und formuliert allgemein:

„A psychologist cuts a lobe of my brain and then, when I cannot express myself, he says ‘You see, your faculty of language was localized in that lobe.’ No doubt it was; and so, if he had filched my inkstand, I should not have been able to continue my discussion until I had got another. Yea, the very thoughts would not come to me. So my faculty of discussion is equally located in my inkstand.“¹⁹

Grundlegend wichtig sind nach Peirce die Möglichkeit und Fähigkeit zur Graphie also nicht nur für komplizierte Computationen, die die Grenzen rein mentaler Prozessierung überschreiten, vielmehr sind Tinte und Papier die Voraussetzung dafür, dass bestimmte Gedanken überhaupt entstehen und sich längere Gedankenstränge entwickeln können.²⁰ Peirce formuliert hier avant la lettre eine Kurzfassung des Ausgangspunktes, von dem aus das kognitionswissenschaftliche Funktionsmodell des „Extended Mind“ entworfen wurde. In Bezug auf den von Clark/Chalmers angenommenen „Active Externalism“ erläutern die Autoren:

„In these cases, the human organism is linked with an external entity in a two-way interaction,

creating a *coupled system* that can be seen as a cognitive system in its own right. All the components in the system play an active causal role, and they jointly govern behavior in the same sort of way that cognition usually does. If we remove the external component the system's behavioral competence will drop, just as it would if we removed part of its brain. Our thesis is that this sort of coupled process counts equally well as a cognitive process, whether or not it is wholly in the head.“²¹

Als Beschreibung dessen, wie sich die Interaktion von Auge, Geist, Hand und (die Produktion / Rezeption / Manipulation von) Inskriptionen denken lässt, heben diese und ähnliche Passagen der Kognitionswissenschaftler auf genau diejenigen Aspekte ab, die sowohl in Peirce' graphischer Praxis als auch in seinen erkenntnistheoretischen Reflexionen insbesondere zum Pragmatismus zentral sind: die Exteriorität des Geistes, die Funktion externer Komponenten und epistemisches Handeln als Manipulieren oder ‚modifying‘.²² Peirce beharrt in seinen Äußerungen zu dieser Form des Denkens, in der sich der Geist auf die Welt ausdehnt, auf dem Graphismus, der Schreiben und Zeichnen einschließt und wie im folgenden Passus betont, die Möglichkeit zur Darstellung räumlicher Relationen mit sich bringt:

„Reasoning is dependent on Graphical Signs. By ‚graphical‘ I mean capable of being written or drawn, so as to be spatially arranged [...]. I do not believe one can go very deeply into any important and considerably large subject of discussion without using space as a field in which to arrange mental processes and images of objects.“²³

Peirce verwendet in den Manuskripten selten Hilfsmittel wie Lineal oder Zirkel, was angesichts der Vielzahl geometrischer Untersuchungen auffällt, von denen man annehmen könnte, sie seien auf exakte Ausführung angewiesen. Doch auch in dieser Hinsicht erfüllt die Methode der frei Hand ausgeführten Inskription nach Peirce ihren epistemischen Zweck:

„The figures of geometry are, if accurately drawn, such close likenesses of their objects that they are almost instances of them; but every student of geometry knows that it is not all nec-

essary, nor even useful, to draw them so nicely, since if roughly drawn they still sufficiently resemble their objects in the particulars to which attention has to be drawn."²⁴

Exemplarisch ist diese Äußerung aus „Of Reasoning in General“ insofern als Peirce selten direkt auf seine eigene graphische Praxis Bezug nimmt, jedoch in vielen seiner Texte Beobachtungen anstellt, die sich in dieser Weise verstehen lassen. Zugleich ist dies eine Form, in der graphisch gewonnene Erkenntnisse in den Text einfließen, indem nämlich die graphische Praxis als Anschauungsmaterial zur Entwicklung der Erkenntnistheorie beiträgt. Eine epistemologische Reflexion der graphischen Praxis ließe sich demnach aus seinen Schriften rekonstruieren (was bislang noch nicht geschehen ist), jedoch findet sie sich nicht zusammenhängend ausformuliert. Eine solche Rekonstruktion wäre lohnend, da sie sich auf die Analyse der graphischen Qualität der Manuskripte einerseits und auf eine entsprechend fokussierte Lektüre der Texte zu Pragmatismus und Erkenntnistheorie andererseits stützen könnte.²⁵

Aus den genannten Phänomenen ist deutlich geworden, dass die Frage danach, in welchem Verhältnis Zeichnen und Schreiben in der graphischen Praxis von Peirce zueinander stehen, einen zentralen Untersuchungsgegenstand im Rahmen der Beschäftigung mit den Manuskripten bildet. Ähnlich wie im Fall des vor dem Hintergrund seiner graphischen Praxis entwickelten Pragmatismus, scheint auch Peirce Reflexion der Beziehung von Sprache / Wörtern und Diagrammen / Zeichnungen zu explizieren, was sich in den Manuskripten beobachten lässt. Fassen wir also kurz zusammen, worin für Peirce die Besonderheit des „diagrammatic reasoning“ besteht: Nach seinem Dafürhalten handelt es sich hierbei um ein serielles, experimentelles Operieren mit Diagrammen, die als ikonische Verkörperungen mit provisorischem Charakter als Denkinstrumente zum Tragen kommen. Diagramme weisen einen hohen Grad an Operativität auf, da sie als äußerst wandelbare Instrumente leicht dem jeweiligen Erkenntnisstand angepasst werden können. Die ausführlichsten Äußerungen zum „diagrammatic reasoning“ finden sich in einer Fassung von „Prolegomena to an Apology for

Pragmatism“ (PAP), ein Text, an dem Peirce vermutlich 1906 arbeitet.²⁶ Ein Aspekt, auf den Peirce hier immer wieder abhebt, ist die Bedeutung von Nachvollziehbarkeit und Anschaulichkeit des „reasoning process“, die er im Laufe dieses Textes immer expliziter mit dem Diagrammatischen in Verbindung bringt: „It is a truly extraordinary feature of Diagrams that they *show*, literally *show*, – not only that a necessary consequence *does* follow, but that it *would* follow under all circumstances whatsoever. It is not, however the statical Diagram that does this, but the comparison of the Diagram before and after a Transformation of a universally permissible kind.“²⁷ Zu dieser operativen Stärke kommt eine Eigenschaft des „diagrammatic reasoning“ hinzu, die im Doppelcharakter des gezeichneten Diagramms als Werkzeug und als notationale, ikonische Aufzeichnung des „reasoning process“ begründet ist. Während zum Beispiel das Geschehen in einem Reagenzglas im Nachhinein nicht mehr ohne Weiteres rekonstruierbar ist, zeichnet sich das „diagrammatic reasoning“ durch eine anschauliche Darstellung des Prozesses aus, die in dessen Vollzug entsteht. Die dynamische Prozessualität von Schluss- oder Erkenntnisprozessen, werde in der Sphäre des Diagrammatischen buchstäblich ausgestellt. Einsichten werden in diesem Fall also nicht alleine im Rahmen von immateriellen Denkprozessen gewonnen, sondern zudem sinnlich erlangt und vor Augen geführt. Diese Eigenart des diagrammatischen Experimentierens stellt für Peirce einen weiteren Vorteil dar, den er in Bezug auf eine ‚gute‘ Notation als die Anforderung des „exhibiting reasoning“ bezeichnet.²⁸ Was das „diagrammatic reasoning“ auszeichnet, ist die durch relationale Anschaulichkeit verschaffte Möglichkeit, Erkenntnisse *durch Betrachtung* zu generieren. Dieser Hinweis auf das sinnliche Fundament von diagrammatisch fundierten Erkenntnisprozessen spielt für das pragmatistische Denken Peirces eine nicht zu unterschätzende Rolle. Auf der einen Seite stellten wir bereits heraus, dass die Verknüpfung von experimenteller Methode und Erkenntnis einen zentralen Kern des Peirce'schen Pragmatismus ausmacht: „Fruitful thinking and experimentation are only two branches of one

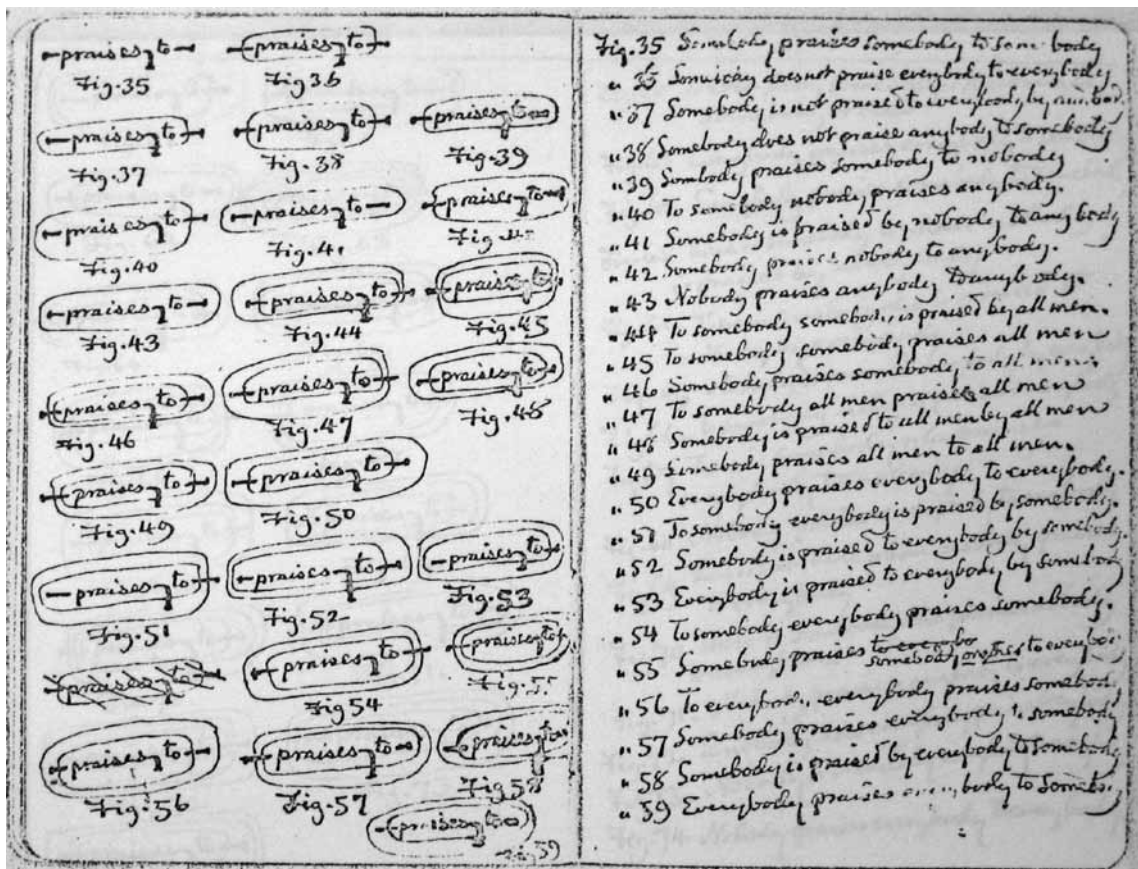


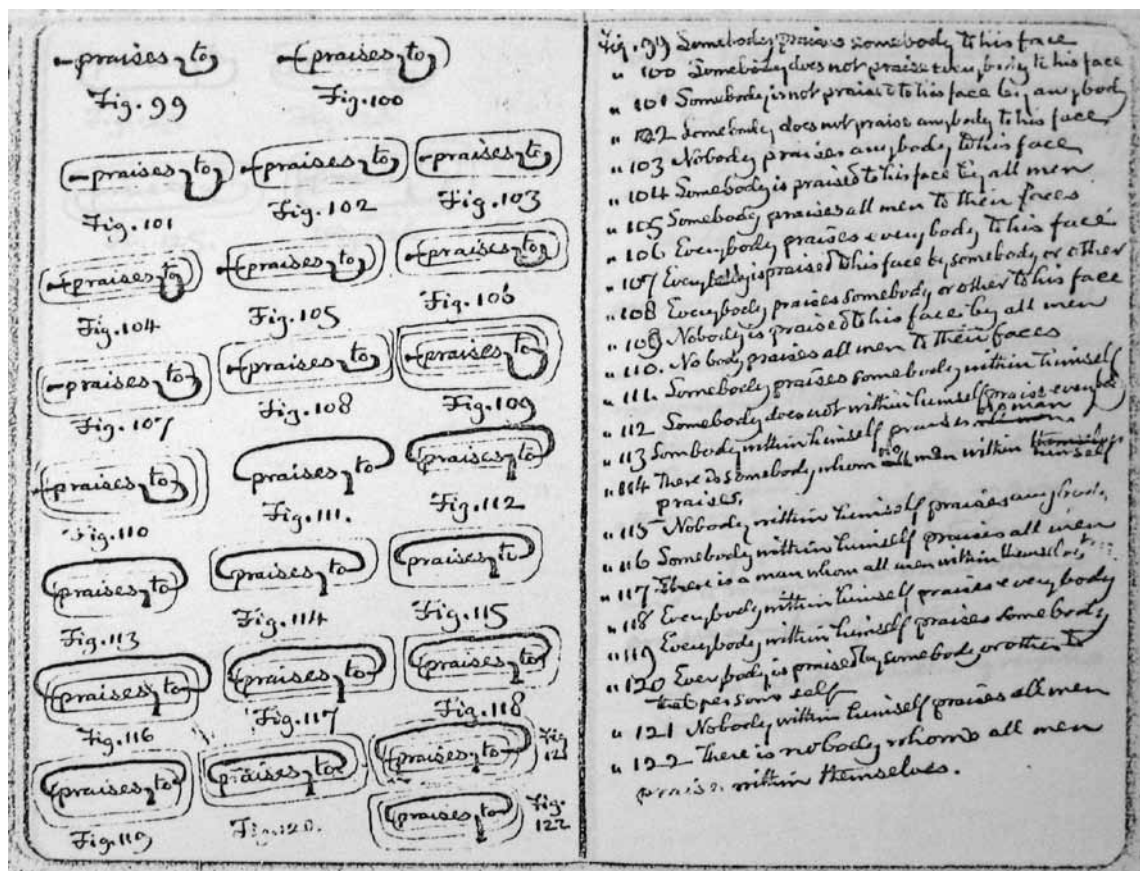
Abb. 2 und 3

Charles Sanders Peirce, Manuskript 493

process. They are essentially one. Thinking is experimentation [...]. Experimentation is thinking.⁴²⁹ Peirce spricht dem Moment der Sinnlichkeit in diesem Zusammenhang auf der anderen Seite eine große Bedeutung zu, wobei er dem „diagrammatic reasoning“ dabei einen fundamentalen epistemologischen Wert beimisst: „It is not a historical fact that the best thinking has been done by words, or aural images. It has been performed by means of visual images and muscular imaginations. In reasoning of the best kind, an imaginary experiment is performed. The result is inwardly observed, and is as unexpected as that of a physical experiment. [...] Thus, reasoning and experimentation are essentially analogous.“⁴³⁰ Und Peirce ergänzt: „[...] there is really no reasoning that is not of the nature of diagrammatic, or mathematical, reasoning; and

therefore we must admit no conceptions which are not susceptible of being represented in diagrammatic form. Ideas too lofty to be expressed in diagrams are mere rubbish for the purposes of philosophy.“⁴³¹

Als Werkzeug zur experimentellen Überprüfung von denkbaren Konsequenzen erweist sich das „diagrammatic reasoning“ als das paradigmatische Organon pragmatistischen Denkens. So, wie der Pragmatismus mit der Logik der Abduktion zusammenläuft, so läuft auch der Kern des pragmatistischen Denkens mit dem „diagrammatic reasoning“ zusammen. Hinzu kommt: Die Methode des „diagrammatic reasoning“ berührt für Peirce immer auch die Dimension seiner eigenen graphischen Praxis, über die er in seinen Schriften – wenn auch häufig nur in kurzen Äußerungen – wiederholt



reflektiert. Peirce formuliert in verschiedenen Texten und unterschiedlichen Zusammenhängen eine allgemeine Bevorzugung des Visuellen und Diagrammatischen für Prozesse des Razonnieren. So behauptet er wie oben bereits erwähnt von sich: „I do not think I ever reflect in words: I employ visual diagrams [...]“³² Und: „I draw incessantly.“³³ Auch das Gefühl einer gewissen Distanz gegenüber der Sprache findet sich immer wieder explizit benannt. In einer autobiographischen Notiz heißt es: „[...] no linguistic expression is natural to him. He never thinks in words but always in some kind of diagrams. He is always struggling with a foreign language; for language is foreign to him.“³⁴ Begründet wird dieses distanzierte Verhältnis zur Sprache durch den Hinweis, dass Sprache gegenüber dem Diagramm den Nachteil besitze, nicht direkt ‚an‘

bzw. mit ihr experimentieren zu können, sodass das Reflektieren auf der Basis von sprachlichen Begriffen den experimentellen Prozess stärker einschränke: „Words, though doubtless necessary to develop thought, play but a secondary role in the [reasoning] process; while the diagram, or icon, capable of being manipulated and experimented upon, is all-important.“³⁵

SERIELLE GRAPHISCHE PRAXIS: PRAGMATISMUS UND „DIAGRAMMATIC REASONING“

Anhand dreier unterschiedlicher Beispiele will ich nun zeigen, auf welches eigene Material sich Peirce bezieht, wenn er wie oben dargestellt explizit oder implizit das Funktionieren graphischer Praktiken reflektiert. Es handelt sich um

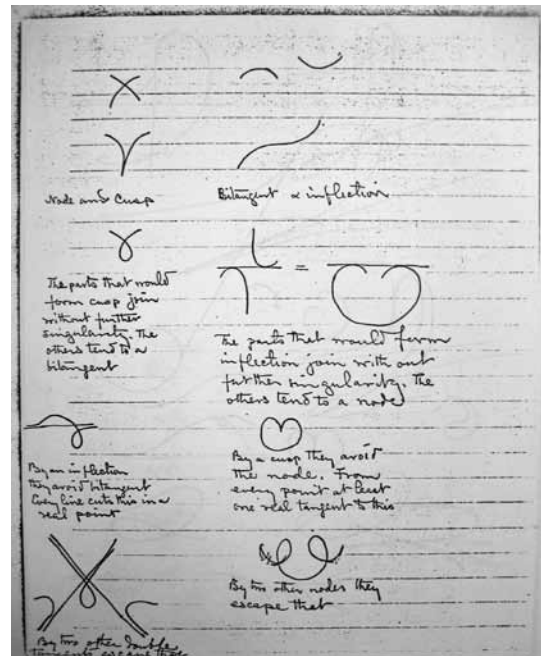
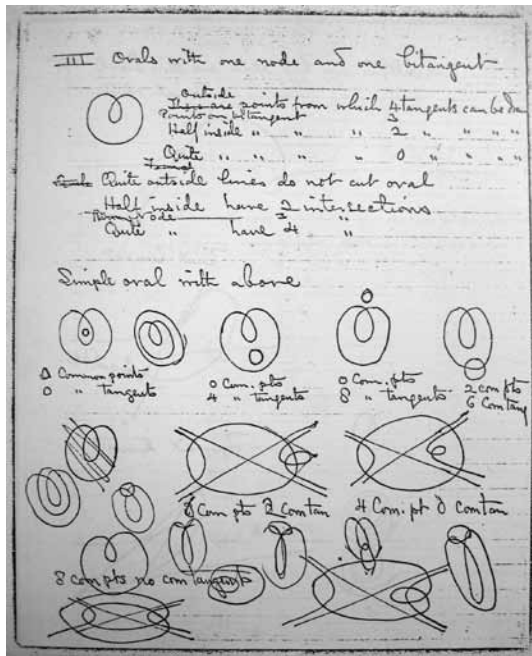
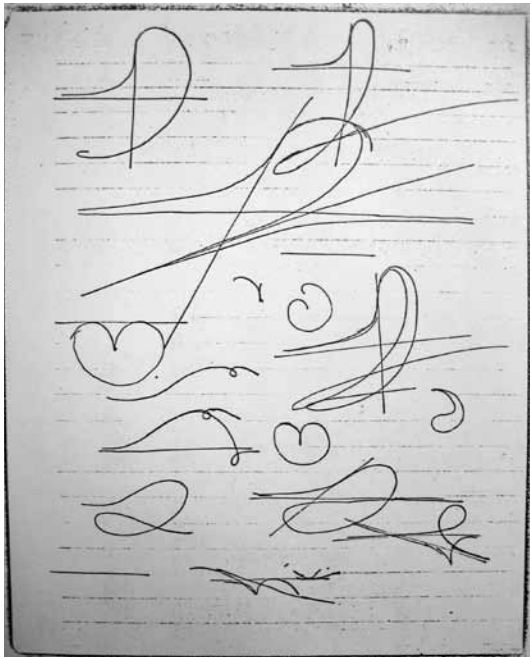


Abb. 4, 5 und 6

Charles Sanders Peirce, Manuskript 261

eine Serie von Zeichnungen, die er zum „Map-coloring Problem“ (Ms 153, 158) anfertigt, um eine Serie von „Existential Graphs“³⁶ sowie um „Curve Studies“³⁷. Disziplinär lassen sich diese Themen der Geometrie, der Logik und der Topologie zuordnen. Eine meiner Thesen ist, dass die graphische Praxis für Peirce nicht nur unabhängig von der Disziplin, in der er sich gerade bewegt, den Schlüssel zur Erkenntnis darstellt, sondern dass es darüber hinaus im Rahmen der graphischen Praxis methodische Grundzüge gibt, die sich anhand seiner Manuskripte transdisziplinär verfolgen lassen. Hier sei dies zunächst am Beispiel des seriellen Zeichnens veranschaulicht, um davon ausgehend in einem der weiteren Teile der Untersuchung auf die Methode der Abduktion zu sprechen zu kommen.³⁸ Bei den „Existential Graphs“ (in diesem Fall Beta graphs), handelt es sich um eine Reihe von 122 unterschiedlichen Aussagen basierend auf den beiden Wörtern „praises to“, die Peirce durch „cuts“ und die „line of identity“ formt. In den Manuskripten zu den „curve studies“ ist erkennbar, wie Peirce versucht, eine Typologie

von Kurven zu entwickeln, die auf der Anzahl von Scheitelpunkten („cusps“) und Knoten („nodes“) basiert. Im Zusammenhang mit dem „map-coloring problem“ fertigt Peirce schließlich Hunderte von schematischen Karten an und geht so der Frage nach, welche Regel für die Kolorierung von Regionen angewendet werden kann, so dass aneinander grenzende Regionen unterschiedliche Farben haben. Dies sind nur drei Beispiele dafür, dass die graphische Praxis in den Manuskripten häufig in Form von Serien als ein graphisches Experimentieren zum Einsatz kommt, das durch eine textuelle Reflexion nicht zu ersetzen ist. Dabei erfüllt das serielle Vorgehen jedoch unterschiedliche Funktionen. Im Falle der „Existential Graphs“ wird auf der linken Seite jeweils ein Graph gezeichnet und auf der gegenüberliegenden dessen logischer Gehalt sprachlich ausgedrückt. Serien wie die hier gezeigte fertigt Peirce im Rahmen der Entwicklung seiner verschiedenen Systeme von logischen Notationen an, zugleich sind sie jedoch auch ein Mittel, die Beziehung von Logik und „ordinary language“ zu untersuchen. An den Manuskripten



der Kurvenstudien lässt sich verfolgen, wie sich systematisches und gestisches Zeichnen überlagern. Seiten, auf denen die Kurven erkennbar an Komplexität zunehmen und dies auch aus den begleitenden Texten hervorgeht, wechseln mit solchen ab, auf denen freier gezeichnete Figuren erscheinen. Beide Arten des Zeichnens gehören jedoch zur Untersuchung dieses Bereichs der Topologie und ermöglichen zudem eine Sondierung der Grenzen des Systematisierbaren. Aus der großen Zahl von graphischen Artefakten, die sich in den insgesamt sechs Manuskripten zum „map-coloring problem“ finden, lässt sich erkennen, dass Peirce hier ernsthaft darum bemüht war, einen eigenen Beitrag zur Lösung des Problems zu leisten. Es ist dies auch ein interessantes Beispiel dafür, wie direkt oder indirekt die in der Graphie gewonnenen Erkenntnisse Eingang in einen Text oder mehrere Texte finden. Fünf Manuskripte, Mss 153, 154, 157, 97 und 318, in denen sich Peirce mit diesem Thema beschäftigt, wurden in *The New Elements of Mathematics* unter der Überschrift „The Four-Color Problem“ aufgenommen.³⁹ In diesen

Manuskripten formuliert Peirce das Problem aus verschiedenen Perspektiven (Mathematik, Geometrie, Topologie, Pragmatismus) und wägt die aus Erfahrung gewonnene Erkenntnis gegenüber einem mathematisch gewonnenen Beweis ab. Auch Peirce gelingt es jedoch, wie zuvor unter anderem Arthur Cayley und Alfred Kempe, nicht, das Problem zu lösen d. h. die diagrammatischen Experimente führen hier nicht zu einem Beweis. In einem Aufsatz zum „Pragmatismus“⁴⁰, in der Peirce sich nicht explizit auf die eigene Arbeit bezieht, merkt er an: „But while he may very likely manage to formulate his own usually successful way of coloring the regions, it is very unlikely that he will obtain an unfailing rule for doing so.“⁴¹

In einem weiteren Text zum Pragmatismus („What Pragmatism Is“)⁴² finden sich Ausführungen zur Exteriorität, Serialität und zum epistemisch produktiven Modifizieren von Objekten, die die serielle Form des graphischen Experimentierens, wie sie in den zuletzt genannten Beispielen zu sehen ist, in Peirce's Denken einzuordnen hilft. In einem Abschnitt zu den „essential ingredients of an experiment“ nennt Peirce zunächst den Experimentator, dessen Körperlichkeit er durch die Wendung „experimenter of flesh and blood“ hervorhebt, darauf die „verifiable hypothesis“ als Ausgangspunkt und schließlich „the sincere doubt in the experimenter's mind“, wiederum mit einer Akzentuierung des körperlich Inneren. Soweit haben wir also einen Körper, in dessen Geist die Hypothese und der Zweifel die wesentlichen Ingredienzien bilden. Das Experiment beginnt nun mit einer Auswahl der Untersuchungsgegenstände, wodurch die Überschreitung der Grenzen des Körpers vorbereitet wird: „[...] we come to the act of choice by which the experimenter singles out certain identifiable objects to be operated upon.“ Hierauf folgt der Akt der exteriorisierten Manipulation, dem die Schreibung in Versalien vorbehalten ist: „The next is the external (or quasi-external) ACT by which he modifies those objects.“ Zuvor antwortet Peirce auf die Frage eines fiktiven „questioner“: „You evidently think of each experiment as isolated from every other. It has not, for example, occurred to you [...] that every connected series

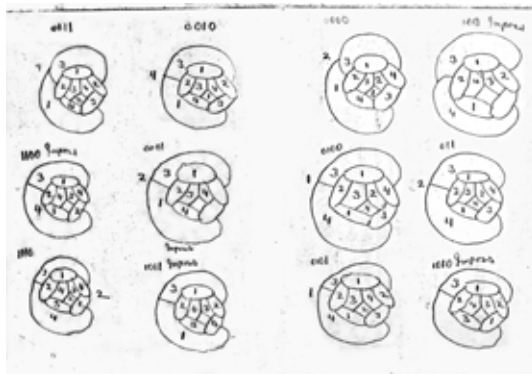


Abb. 7 Charles Sanders Peirce, Manuskript 148

of experiments constitutes a single collective experiment.“⁴³ Auch hier findet sich keine direkte Bezugnahme auf Peirce’ eigene Experimente in den Manuskripten, doch scheint der Zusammenhang zwischen seiner graphischen Praxis und der Entwicklung des Pragmatismus als Erkenntnistheorie und Methode evident.

Im Hinblick auf das Verhältnis von Zeichnen und Schreiben in Peirce’ graphischer Praxis lässt sich also sowohl in seinen theoretischen Aussagen als auch in den Inskriptionen selbst eine klare Unterscheidung von Funktionen feststellen. Während Sprache („words“) dazu dient, Gedanken – und insbesondere längere Gedankengänge – zu entwickeln, sind es Zeichnungen, in Peirce’ Terminologie: Diagramme, die für den Prozess, den Peirce als den eigentlichen Kern seiner wissenschaftlichen Arbeit bezeichnet, relevant sind: reasoning. Diesem Prozess ist von Abduktion (Hypothesenbildung), über Deduktion bis zur Induktion die Ausführung in Form der graphischen Praxis vorbehalten.

- 1 Erwähnt werden die Manuskripte als Untersuchungsgegenstand in Michael Leja: *Peirce, Visuality, and Art*, in: *Representations*, 72 (2000), S. 97–122; Mary Keeler und Christian Kloesel: *Communication, Semiotic Continuity, and the Margins of the Peircean Text*, in: David C. Greetham (Hg.): *The margins of the text*, Ann Arbor 1997, S. 269–322; Susan Howe: *Pierce Arrow*, New York 1999; Alessandro Topa: *Die Genese der Peirce'schen Semiotik*, Teil 1: *Das Kategorienproblem (1857–1865)*, Wiesbaden 2007. Zuletzt hat der Sammelband von Franz Engel, Moritz Queisner und Tullio Viola: *Das bildnerische Denken*: Charles S. Peirce, München 2005 dieses Thema aufgegriffen, verfolgt jedoch, wie an dem von Paul Klee inspirierten Titel bereits erkennbar, eher das Ziel, Peirce' Beitrag zu einer Logik des Bildlichen aus kunsthistorischer Perspektive zu untersuchen.
- 2 Manfred Geier: „Schriftlichkeit und Philosophie“, in: Armin Burkhardt (Hg.): *Handbücher zur Sprach- und Kommunikationswissenschaft*, Bd. 10.1: Hartmut Günther und Otto Ludwig (Hg.), *Schrift und Schriftlichkeit. Ein interdisziplinäres Handbuch internationaler Forschung*, Berlin 1994, S. 646.
- 3 Komplett lautet der Passus: „I do not think I ever reflect in words: I employ visual diagrams, firstly because this way of thinking is my natural language of self-communion, and secondly because I am convinced that it is the best system for the purpose.“ (Ms 619, 1909).
- 4 L 387, 1896. Zur Zitierweise: Die Angaben Ms xxx und L xxx beziehen sich auf die von Richard S. Robin vorgenommene Ordnung und Katalogisierung der Manuskripte: Robin, Richard S.: *Annotated Catalogue of the Papers of Charles S. Peirce*, Amherst 1967.
- 5 Zur Qualität der früheren Editionen vor der des Peirce Edition Projects vgl. Nathan Houser: *The Fortunes and Misfortunes of the Peirce Papers*, in: Michel Balat, Janice Deledalle-Rhodes, Gérard Deledalle (Hg.): *Signs of Humanity*, Bd. 3, Berlin 1992, S. 1259–1268.
- 6 Houser 1992. Zur Geschichte der ‚Peirce Papers‘ siehe außerdem Victor Lenzen: *Reminiscences of a Mission to Milford, Pennsylvania*, in: *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, I, X (1965), S. 3–11. Und W. F. Kernan: *The Peirce Manuscripts and Josiah Royce. A Memoir Harvard 1915–1916*, in: *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, I (2) (1965), S. 90–95.
- 7 Siehe Anm. 69. Eine mit der Druckversion identische Ausgabe des Katalogs ist online zugänglich unter <http://www.iupui.edu/~peirce/robin/robin.htm> (letzter Zugriff: 15. August 2012).
- 8 Charles S. Peirce: *The Charles S. Peirce Papers*, Mikrofilm-Edition, Cambridge 1966/1971.
- 9 U. a. Ms 278.
- 10 U. a. Mss 1571–74.
- 11 Charles Hartshorne und Paul Weiss (Hg.): *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, Bd. I–VI, Cambridge 1931–1935.
- 12 Peirce Edition Project (Hg.): *Writings of Charles S. Peirce. A Chronological Edition*, Indianapolis/Bloomington 1982ff.
- 13 Keeler/Kloesel 1997, S. 271.
- 14 Interview mit Moritz Epple, in: Karin Krauthausen und Omar W. Nasim (Hg.): *Notieren, Skizzieren. Schreiben und Zeichnen als Verfahren des Entwurfs*, Zürich 2010, S. 124.
- 15 Ebd., S. 119.
- 16 Ebd., S. 120.
- 17 Im „Logic Notebook“ (Ms 339) beschreibt Peirce am Beispiel eines Tintenklekses die Notwendigkeit eines dritten Wahrheitswertes zwischen „verum“ und „falsum“, den er „limit“ nennt: „Thus a blot is made on the sheet. Then every point of the sheet is unblackened or is blackened. But there are points on the boundary line, and those points are insusceptible of being unblackened or of being blackened [...]“ (Ms 339, 23. Februar 1909).
- 18 Im Zusammenhang mit seinem Versuch, Venns logische Notation zu verbessern, stellt Peirce fest: „[T]he [Venn] system affords no means of exhibiting reasoning, the gist of which is of a relational or abstractional kind.“ (CP 4356). Allgemeiner zur unabdingbaren Zeichenhaftigkeit des Denkens: „Das einzige Denken, das also möglicherweise erkannt wird, ist Denken in Zeichen. Aber Denken, das nicht erkannt werden kann, existiert nicht. Alles Denken muss daher Denken in Zeichen sein.“ (CP 5251) und in „Of Reasoning in General“: „Every form of thinking must betray itself in some form of expression or go unnoticed.“ (Peirce Edition Project 1998, 18).
- 19 CP 7366.
- 20 Vgl. dazu auch Peter Skagestad: „Peirce's Inkstand as an External Embodiment of Mind“, in: *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, 35 (3) (1999), S. 551–561.
- 21 Andy Clark und David J. Chalmers: *The Extended Mind*, in: *Analysis*, 58 (1998), S. 11.
- 22 Vgl. „What Pragmatism is“ (P 1078): „The [...] ACT by which he modifies those objects.“
- 23 Peirce: „An Essay toward Improving Our Reasoning in Security and in Uberty“ (Ms 682, 1913), in: Peirce Edition Project, 1998, S. 463–476, hier S. 472.
- 24 Peirce: „Of Reasoning in General“, in: Peirce Edition Project, 1998, S. 11–26, hier S. 13.
- 25 Zum Zusammenhang von Peirce'schem Pragmatismus und graphischer Praxis vgl. Benjamin Meyer-Krahmer und Mark Halawa, *Pragmatismus auf Papier. Über den Zusammenhang von Peirce' graphischer Praxis und pragmatistischem Denken*, in: Franz Engel, Moritz Queisner, Tullio Viola (Hg.): *Das bildnerische Denken*: Charles S. Peirce, Berlin 2012, S. 273–301.
- 26 Besagte Fassung wird im Robin-Katalog als Manuskript 293 geführt und 1976 in den von Carolyn Eisele herausgegebenen *The New Elements of Mathematics* erstmals veröffentlicht: Carolyn Eisele (Hg.): *The New Elements of Mathematics by Charles S. Peirce*, Bd. IV: *Mathematical Philosophy*, Den Haag 1976, S. 313–330.
- 27 Eisele 1976, S. 12f. (Unterstrichungen im Original).
- 28 Im Zusammenhang mit seinem Versuch, Venns System der logischen Notation zu verbessern, stellt Peirce fest: „[T]he system [Venns] affords no means of exhibiting reasoning, the gist of which is of a relational or abstractional kind. It does not extend to the logic of relatives.“ (CP 4356).
- 29 Charles S. Peirce: *Six Lectures of Hints toward a Theory of the Universe* (1890), in: Ders.: *Writings of Charles S. Peirce. A Chronological Edition*, Bd. 8 (1890–1892); Peirce Edition Project (Hg.), Indianapolis 2010, S. 17–18, hier S. 17.
- 30 Charles S. Peirce: *Sketch of a New Philosophy* (1890), in: Ders.: *Writings of Charles S. Peirce. A Chronological Edition*, Volume 8 (1890–1892), Peirce Edition Project (Hg.), Indianapolis 2010, S. 19–22, hier S. 19.
- 31 Peirce Edition Project 2010, Bd. 8, S. 24.
- 32 Ms 619, 1909.
- 33 L 387, 1896.
- 34 Ms 632, 1909.
- 35 Charles S. Peirce: *On Framing Philosophical Theories* (1890), in: Ders.: *Writings of Charles S. Peirce. A Chronological Edition*, Bd. 8 (1890–1892), Peirce Edition Project (Hg.), Bloomington, Indianapolis 2010, S. 23–24, hier: S. 24.
- 36 Ms 493.
- 37 Ms 261.
- 38 Siehe Lorenzo Magnani, auf seiner Beschäftigung mit Peirce basierenden Entwurf der „manipulative abduction“, der von der These ausgeht „Manipulative abduction happens when we are thinking through doing [...]“. Vgl. Lorenzo Magnani: *Reasoning through doing. Epistemic mediators in scientific discovery*, in: *Journal of Applied Logic*, 2 (4) (2004), S. 439–450, hier: 442.
- 39 Peirce 1976, S. 449–494.
- 40 Ms 318.
- 41 Die in Peirce 1976 abgedruckte Fassung von Ms 318 weicht von meiner Lesart des Manuskripts ab.
- 42 P 1078.
- 43 Peirce: *What pragmatism is*, in: Peirce Edition Project 1998, S. 331–345, hier 339.

DAS SCHÖNSTE PHYSIKALISCHE EXPERIMENT: ELEKTRONENINTERFERENZEN MIT DEM DOPPELSPALT

Claus Jönsson

Im Sommer 1956 beendete ich den experimentellen Teil meiner Diplomarbeit. Ich hatte ihn seit 1954 am damaligen Lehrstuhl für Angewandte Physik der Universität Tübingen angefertigt. Der Lehrstuhl war seit 1953 mit Prof. Dr. Gottfried Möllenstedt besetzt, man arbeitete im weitesten Sinne auf dem Gebiet der Elektronen- und Ionenoptik. Herr Möllenstedt verstand es, an seinem Lehrstuhl eine sehr forschungsintensive Atmosphäre zu schaffen, so dass ich, der in Tübingen ursprünglich nur eine Diplomarbeit in Physik machen wollte, beschloss, hier auch eine Doktorarbeit anzufertigen.

Um diese Zeit wurden eines Tages die etwa zehn wissenschaftlichen Mitarbeiter des Lehrstuhls von Herrn Möllenstedt aufgefordert, sich Elektroneninterferenzen anzusehen, die er und sein an seiner Doktorarbeit arbeitender Assistent Heiner Düker unter bisher weitgehendem Ausschluss der Öffentlichkeit mittels eines „elektronenoptischen Biprismas“ zu Stande gebracht hatten.

Zunächst wurde uns das Gerät erklärt: In einem Elektronenmikroskop wurde die mit einer Spannung von 50 kV betriebene Elektronenquelle mittels elektronenoptischer Zylinderlinsen

tausendfach verkleinert, dadurch konnte in 30 cm Abstand von der so entstandenen Brennnlinie ein etwa 0,03 mm (30 μm) breites kohärent (interferenzfähig) mit Elektronen ausgeleuchtetes Gebiet erzeugt werden. In dessen Mitte wurde der „Biprismafaden“, ein mit Gold dünn bedampfter Quarzfaden von 1 μm Durchmesser angebracht. Er teilt den einfallenden Elektronenstrahl in zwei kohärente Teilstrahlen auf. Wird seine Goldschicht auf eine geringe positive Spannung (einige Volt) aufgeladen, so werden beide Teilstrahlen zur optischen Achse hin umgelenkt und überlagert. Im Überlagerungsgebiet kommt es zu einem Interferenzstreifensystem, den elektronenoptischen Biprismainterferenzen. Sie sind so fein, dass sie – wieder mit elektronischen Zylinderlinsen – 1000-fach vergrößert werden müssen, um sie fotografieren zu können. Um sie mit dem Auge auf einem Leuchtschirm beobachten zu können, ist eine weitere zehnfache lichtoptische Vergrößerung nötig.

Behindert wird die Ausbildung von Interferenzstreifen durch mechanische und magnetische Störungen. Der Apparat muss an einer erschütterungsfreien Stelle aufgestellt und sehr stabil ausgeführt werden, denn die Wellenlänge des



Claus Jönsson bewies die Welleneigenschaften von Elektronen. 2002 wurde dieses Doppelspalt-Experiment zum schönsten physikalischen Experiment gekürt

Elektronenstrahls beträgt nur etwa 5 pm (der Atomabstand in einem Kristall ist etwa 100-mal so groß). Wenn man stehende Interferenzen beobachten will, muss man deshalb dafür sorgen, dass während der Beobachtungsdauer keine Erschütterungen des Geräts auftreten, die die Laufwege der Teilstrahlen bis zu ihrer Überlagerung um mehr als etwa 0,5 pm gegeneinander verschieben.

In jedem Gebäude, das an das öffentliche Stromnetz angeschlossen ist, sind überall mit 50 Hz schwingende magnetische Felder vorhanden. Gegen sie muss der Elektronenstrahl im Gerät weitgehend abgeschirmt werden, denn schon ein sehr geringer magnetischer 50 Hz-Fluss zwischen den Teilstrahlen würde die Interferenzstreifen um mehr als einen Streifenabstand im 50 Hz-Takt gegeneinander verschieben und das Interferenzbild völlig verwischen. Weitere Störungen können durch Schwankungen in der Hochspannungsversorgung oder Hochspannungsüberschläge in den Linsen auftreten.

Durch die notwendige Verkleinerung des ursprünglichen Elektronenquellpunktes und der notwendigen Nachvergrößerung des Interferogramms geht sehr viel der ursprünglichen Strahlintensität verloren. Durch die Verwendung von Zylinderlinsen konnte dieser Verlust um den Faktor 1 Million verringert werden. Erst dadurch war es überhaupt möglich, Interferenzen mit einem gut adaptierten Auge zu beobachten und mit einer realisierbaren Belichtungszeit zu fotografieren.

ELEKTRONENINTERFERENZEN MIT DEM DOPPELSPALT

Als ich die elektronenoptischen Biprismainterferenzen auf diese Weise zum ersten Mal sah, war mir klar, was ich in meiner Doktorarbeit machen wollte, nämlich *das* Gedankenexperiment der Quantenmechanik, Elektronenstrahlinterferenzen mit dem Doppelspalt, zu realisieren, indem

ich im Biprismainterferometer den Biprismafaden durch einen hinreichend feinen Doppelspalt ersetze.

Interferenzerscheinungen sind charakteristisch für die Welleneigenschaften einer Strahlung. Bereits seit 1928 gibt es für Elektronenstrahlen Interferenzanordnungen, mit denen gezeigt werden konnte, dass die von der Quantenmechanik postulierte Welleneigenschaft von Teilchenstrahlen richtig ist. Die für Studierende und interessierte Laien am einfachsten zu verstehende und damit didaktisch wertvollste Interferenzanordnung ist der Doppelspalt. Die Väter der Quantenmechanik wie de Broglie, Heisenberg und Schrödinger benutzten deshalb das Doppelspaltexperiment mit Elektronen, um so die Folgerungen aus der Quantenmechanik zu erklären, es also, wie mit Licht in der Lichtoptik, Interferenzstreifen liefern würde. Man war damals der Meinung, dass man wegen der geringen Wellenlänge der Elektronenstrahlen keine Doppelspalte in den erforderlichen kleinen Dimensionen herstellen könnte, sich dieses Experiment deshalb nur in Gedanken vorstellen kann.¹ Entscheidend für diese pessimistische Einstellung war, dass man sich nicht vergewissigte, dass es nicht auf die geringen Dimensionen der Spalte, sondern auf deren kohärente Ausleuchtung ankommt, um Interferenzstreifen zu erzielen und es mit den Mitteln der Elektronenmikroskopie möglich ist, die bei groben Spalten sehr feinen Interferenzstreifen bis zur Registrierbarkeit mit der Fotoplatte oder Sichtbarkeit mit dem Auge zu vergrößern. Um das Gedankenexperiment zu realisieren, musste ich deshalb ein Verfahren finden, mit dem man in einem für Elektronenstrahlen möglichst undurchsichtigen Material (Schwermetall) einen feinen freitragenden Doppelspalt herstellen konnte. Gegenüber den Biprismainterferenzen war außerdem mit einer etwa um den Faktor 10 geringeren Intensität der Interferenzerscheinung beim Doppelspalt zu rechnen. In der Zeit bis zur mündlichen Diplomprüfung ging ich der Frage nach: wie kann man ein freitragendes Doppelspaltsystem in einer Schwermetallfolie so fein herstellen, dass es in den 30 μm Kohärenzbereich des Möllenstedt-Düker'schen Biprismainterferometers passen

würde, Spaltbreiten und Spaltabstand müssten also im μm -Bereich liegen. Ich erinnerte mich an eine Erfahrung, die ich zwölf Jahre vorher beim Experimentieren mit elektrolytischen Kupfnerschlägen gemacht hatte: geringste Verschmutzungen der zu verkupfernden Unterlage fanden sich als Fehler in der entstehenden Kupferfolie als „Dreckeffekt“ wieder. Auch in der Elektronenmikroskopie gibt es einen Dreckeffekt: Das Vakuum im Elektronenmikroskop wurde damals mit Öldiffusionspumpen erzeugt, was zu einem geringen Öldampfdruck in der Anlage und damit zu einer etwa monomolekularen Schicht sehr beweglicher Ölmoleküle auf allen Oberflächen führt. Trifft ein hochenergetischer Elektronenstrahl auf so eine ölbedeckte Fläche, werden die Ölmoleküle gekrackt, es entsteht eine sogenannte „Stewardschicht“ aus Kohlenwasserstoffpolymerisaten, die während der Bestrahlung weiter wächst, weil ständig weitere Ölmoleküle zu ihr hin diffundieren. In der Elektronenmikroskopie stören diese Schichten, sie bewirken mit zunehmender Dicke einen steigenden Kontrastverlust der elektronenmikroskopischen Abbildung.

Meine Idee war: Schaffe dir eine saubere elektrisch leitende Oberfläche, „verschmutze“ sie mit zwei parallelen etwa 1 μm breiten und 0,5 mm langen Streifen im Abstand von etwa 5 μm in dem man entsprechende Stewardschichten auf ihr niederschlägt, stelle auf der so präparierten Unterlage eine elektrolytische Kupferschicht genügender Dicke her, trenne sie von der Unterlage und befreie sie an den Stellen der dann hoffentlich entstandenen Spalte von allem noch vorhandenen Material, um freitragende Spalten zu erhalten.

Bis zur Diplomprüfung im Februar 1957 hatte ich folgendes Verfahren gefunden: Auf einer sauberen Glasplatte (Diaglas) wurde in einer Hochvakuum-Aufdampfanlage eine 0,02 μm (20 nm) dicke Silberschicht als gerade noch elektrisch leitende Unterlage für ihre möglichst feinkörnige elektrolytische Verkupferung in einem sauren Kupferbad (Kupfersulfat) hergestellt. Eine günstige Kupferschichtdicke war 500 μm (0,5 mm). Silber- und Kupferschicht ließen sich ohne zusätzliche Maßnahmen durch Abziehen von der Glasplatte trennen, denn die

auch hier vorhandene Ölschicht aus der Aufdampfanlage verhinderte eine feste Bindung der aufgedampften Silberschicht an die Glasplatte. Nach der Diplomprüfung fragte ich Herrn Möllenstedt, ob ich die angestrebte Doktorarbeit in seinem Institut machen könnte. Obgleich er mir schon eine andere Arbeit zugedacht hatte – die weite Auftrennung der kohärenten Teilbündel des Elektroneninterferometers vor ihrer Überlagerung – stimmte er mir sofort zu und ich konnte für meine weiteren Untersuchungen alle Mittel, die das Institut und seine Werkstatt bot, in Anspruch nehmen. Zunächst stellte ich mir einen „Druckstand“ zusammen, um die Silberschicht an den Stellen, an denen Spalte entstehen sollten, mit „aufgedruckten“ Stewardschichten zu versehen. Es war im Wesentlichen eine Elektronenstrahlanlage mit einer langbrennweitigen Zylinderlinse, in deren Brennnlinie (Elektronensonde) die Glasplatte mit der Silberschicht gebracht wurde. Die Sonde konnte mit einem elektrischen Ablenkssystem senkrecht zu ihrer Richtung verschoben werden, um mehrere Streifen und damit mehrere Spalten nebeneinander erzeugen zu können. Es stellte sich zunächst heraus, dass die Stewardschichten die Silberschicht vor einer Verkupferung schützten. Die Kupferschicht wuchs allerdings von den Seiten her über die Stewardschicht, man konnte mit diesem Effekt über die Belichtungszeit bei der Erzeugung der Stewardschicht und die Dauer des Verkupferungsprozesses die Spaltbreite steuern, es konnten so bis zu $0,8\ \mu\text{m}$ enge Spalte hergestellt werden. Noch viel wichtiger war die Erfahrung, die ich beim Abziehen der Kupferfolie machte: beim Abziehen der entstandenen Kupferfolie von der Glasplatte blieben an den Spaltstellen Silber- und Stewardschicht auf der Glasplatte zurück. Die Elektronenbestrahlung bei der Erzeugung der Stewardschicht hatte auch die Ölschicht zwischen Glas und Silber aus der Aufdampfanlage gekrackt und damit alle Schichten an diesen Stellen fest mit der Glasplatte verbunden; man bekam sofort materiefreie Spalten – das Entfernen von zurückgebliebener Materie in den Spalten hätte zu einem großen Problem werden können. Ein Verfahren, um die Folie mit den Spalten zielge-

nau auf elektronenmikroskopische Objektträger zu präparieren, wurde entwickelt.

Ende 1957 konnte ich mit Interferenzversuchen an Spalten beginnen. Ich konnte das erste Biprismainterferometer von Möllenstedt und Düker für meine Zwecke übernehmen, denn inzwischen war bereits ein neues mit größerem Rohrdurchmesser für größere mechanische Stabilität gebaut worden. Es waren nur geringe Änderungen des Geräts nötig. Vor allem baute ich eine Vakuumschleuse ein, mit der man die Spalte an die Stelle, an der vorher der Biprismafaden positioniert war, ohne Unterbrechung des Vakuums in den Strahlengang bringen konnte.

Ein Jahr lang perfektionierte ich die Apparatur, vor allem mussten die schon beim Biprismainterferometer erwähnten Störeinflüsse zurückgedrängt werden. Erst als ich vom zwölf Kilometer entfernten Rottenburg in ein Studentenzimmer nach Tübingen umziehen und damit auch nachts experimentieren konnte, stellte sich Ende 1958 der Erfolg ein. Wo ich bisher immer nur einen mäßig hellen Balken auf dem Leuchtschirm gesehen hatte, erschienen plötzlich für einen kurzen Moment Interferenzstreifen. Wegen des gefährlichen Umgangs mit hohen Spannungen mussten wir beim nächtlichen Experimentieren immer zu zweit im Raum sein. Ich rief sofort meinen Kollegen, Herrn Dietrich, um sich die Sache anzusehen. Bald darauf rief er „do send se jo, de Stroife“ – er war ein echter Schwabe –, nie werde ich diesen Ausruf vergessen. Es verging noch einige Zeit, bis ich schöne Fotos von den Streifen hatte. Besonders gut war mir die Aufnahme des Interferogramms eines 3-Streifen-systems gelungen, das ich dann in einer Vorveröffentlichung zusammen mit Möllenstedt² und in einem Vortrag auf der Frühjahrstagung 1959 der Elektronenmikroskopischen Gesellschaft in Freiburg benutzte, um mir dieses Ergebnis für meine Doktorarbeit zu sichern.

Damit war das Ziel meiner Doktorarbeit eigentlich erreicht. Damals musste eine Doktorarbeit aber mindestens vier Jahre dauern, und so machte ich mich daran, die Arbeit zu erweitern: ich baute ebenfalls ein stabileres Mehrfachspalt-Interferometer mit größerem Durchmesser, stellte Anordnungen mit bis zu zehn Spalten her,

untersuchte auch feinkörnigere Kupferfolien aus cyankalischen Kupferbädern. Ab drei Spalten ändert sich das Interferogramm mit dem Abstand der Beobachtungsebene von den Spalten; es treten Haupt- und intensitätsärmere Nebenmaxima auf. Bisher wurde praktisch nur das Interferogramm in der unendlich weit entfernten Beobachtungsebene, sogenannte Fraunhoferinterferenzen, angesehen. Mit einer zusätzlich eingebauten Linse konnte ich im neuen Gerät jede andere Beobachtungsebene, Fresnelinterferenzen, auf den Endbildleuchtschirm abbilden.

Im Februar 1961 konnte ich meine Doktorprüfung ablegen und endgültig veröffentlichen.³ Dieser Zeitpunkt wird in der internationalen Öffentlichkeit als die Geburtsstunde der Realisierung von Elektronen-Doppelspaltinterferenzen angesehen, in der ein Gedankenexperiment zu einem realen wurde. Das Experiment wurde in viele Lehrbücher, zunächst vor allem amerikanische, für Studierende und Oberstufenschüler übernommen und auch in einer amerikanischen Zeitschrift auszugsweise veröffentlicht.⁴

Im September 2002 wurde das Gedankenexperiment der Quantenmechanik von englischen Physikern zum schönsten physikalischen Experiment, das bisher von Menschen erdacht wurde, gewählt. Damit wurde auch das realisierte Gedankenexperiment „Elektroneninterferenzen am Doppelspalt“ zum schönsten realisierten Experiment der Menschheit.

1 Manfred von Ardenne: Tabellen der Elektronenphysik, Ionenphysik und Übermikroskopie, Bd. 1, Berlin 1956.

2 Gottfried Möllenstedt und Claus Jönsson: Elektronen-Mehrfachinterferenzen an regelmäßig hergestellten Feinspalten, in: Zeitschrift für Physik, 155 (1959), S. 472–474.

3 Claus Jönsson: Elektroneninterferenzen an mehreren künstlich hergestellten Feinspalten, in: Zeitschrift für Physik, 161 (1961), S. 454–474.

4 Claus Jönsson: Electron diffraction at multiple slits, in: American Journal of Physics, 42 (1974), S. 4–11.

BILDERVERARBEITUNG IN DER MEDIZIN. ÄSTHETISCHE ASPEKTE IN DER TOMOGRAPHIE

Sarah Sandfort

Vor dem Hintergrund des *iconic turn* und der breit gefächerten Diskussion um das „Projekt der Bildwissenschaften“¹ werden im folgenden Beitrag die Ergebnisse der digitalen Bildgebungsverfahren innerhalb der modernen Medizin betrachtet. Im Speziellen sind die Verfahren der Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT) gemeint,² die in den 1970er und 1980er Jahren Einzug in die klinische Medizin hielten und mittlerweile nicht nur die Diagnose von Krankheiten und Anomalitäten, sondern auch die Prognose, Therapie und Intervention unterstützen. Im Sinne des *iconic turn*, wie er von dem Kunsthistoriker Gottfried Boehm 1994 formuliert wurde,³ scheint das digitale Bild in der (radiologischen) Medizin allgegenwärtig: Es dient dem Blick auf mögliche Erkrankungen, visualisiert Pathologien, sichert Diagnosen und hilft im nächsten Schritt, ein angemessenes Therapie- oder Operationskonzept zu entwerfen. Während die Geisteswissenschaften⁴ zunehmend reflektieren, welche Konsequenzen die den Bildern impliziten Erkenntnis- und Erfahrungsformen, die ihnen eigene Generierungsweise von Sinn⁵ für eine Wissenschaft und ihre Arbeitsweise haben kann, nehmen sich

die Naturwissenschaften wie auch die Medizin dieser Aufarbeitung seltener an. Dabei ist nach aktuellen Forschungsansätzen der bildinteressierten Wissenschaften davon auszugehen, dass ästhetische Entscheidungen auch innerhalb der Medizin und ihrer Erkenntnisprozesse zur Geltung kommen: In der Wissenschaftsforschung werden zurzeit jegliche materielle Bilder als soziotechnische und ästhetische Konstrukte angesehen, deren Herstellungsprozesse und Anwendungskontexte einer genauen Analyse bedürfen.⁶

Insofern lautet die These des Beitrags, dass ästhetische Entscheidungen in die Produktion medizinisch-technischer Bilder einfließen, die einer Reflexion bedürfen. Die Kunstgeschichte geht mittlerweile von der grundsätzlichen, ästhetisch geprägten Mehrdeutigkeit *künstlerischer* Bilder aus,⁷ was aus einer bildwissenschaftlichen Perspektive auch in Bezug auf *nicht-künstlerische* Bilder zu prüfen ist. In der Medizin lassen sich durchaus Momente beobachten, in denen digitale Bilder mitnichten eindeutige Aussagen für klinische Entscheidungen ermöglichen, und es ist in Frage zu stellen, ob nicht durch ästhetische Entscheidungen innerhalb der Bildproduktion

überhaupt erst Anhaltspunkte für die Diagnose geschaffen werden.

Eine solche Betrachtung der per se digitalen bildgebenden Verfahren der Medizin erfolgt notwendigerweise interdisziplinär, da Medizin und Informatik als eigentliche Orte der Produktion und Anwendung medizinisch-technischer Bilder ausschlaggebend sind. Zur Untermauerung der These werden im Folgenden zuerst die Perspektive einer bildwissenschaftlich orientierten Kunstgeschichte und der ästhetische Ausgangspunkt erläutert und anschließend die Verfahren der digitalen Bildgebung und die dabei stattfindende Zusammenarbeit von Medizin und Informatik unter diesen Vorüberlegungen betrachtet. Abschließend wird die These in Bezug auf die Problematik der Bildgebung des menschlichen Körpers pointiert zusammengefasst.

BILDWISSENSCHAFTLICHE KUNSTGESCHICHTE UND ÄSTHETIK

Eine Untersuchung medizinisch-technischer Bilder aus der Kunstgeschichte heraus ist notwendigerweise bildwissenschaftlich motiviert, insofern sie über den traditionellen Gegenstand hinausgeht. Damit ist zugleich ein interdisziplinäres Vorgehen bedingt, insofern sich der Kontext der Bilder – hier verstanden als Kommunikationsgemeinschaft oder scientific community – entscheidend auf Produktion und Verwendung derselben auswirkt. Zu berücksichtigen ist also die Rolle der Bilder in der klinischen Medizin und der medizinischen Informatik als deren eigentliche „Orte“.

Ein besonderes Problem stellt bei dieser interdisziplinären Arbeit die ästhetische Fragestellung dar. Der Begriff der Ästhetik oder das Ästhetische selbst sind vor allem im 20. Jahrhundert eingehend untersucht worden und haben sich heute als „offenes Konzept“ entwickelt.⁸ Die Neubestimmung der Ästhetik und ihres Begriffs bewegen sich vor allem vor dem Horizont weiterer Konzepte wie Denken, Erkennen, Fühlen und Handeln.⁹

Für die folgende Betrachtung werden die Überlegungen der Wissenschaftshistorikerin Martina Heßler und des Medienphilosophen Dieter

Mersch zu einer „Logik der Bilder“ herangezogen. Sie gehen darin von der Tradition der Ästhetik seit Alexander Gottlieb Baumgartens Begriffsfundierung aus und formulieren, dass jegliche Bildproduktion – also auch die naturwissenschaftliche – von „ästhetischem Handeln“ geprägt ist. Dabei betonen sie, dass wissenschaftliches und ästhetisches Handeln letztlich nicht zu trennen sind, sondern ästhetisches Handeln einen genuinen Teil der wissenschaftlichen Praxis darstellt.¹⁰

Bilder und Bildproduktion sind verbunden mit visueller Wahrnehmung, mit dem Sehen, und der in einigen Texten aufgegriffene Ausdruck des „geübten Auges“¹¹ betont, dass Seh- und Gestaltungsstraditionen nicht nur im Bereich der Kunst, sondern auch für die Technik- und Naturwissenschaften eine Rolle spielen. Nach Martina Heßler macht unser visueller Sinn das Spezifische der bildlichen Erkenntnisproduktion aus: Über das Auge werden in naturwissenschaftlichen Forschungsprozessen die Brauchbarkeit von Daten kontrolliert, verschiedene Bilderergebnisse verglichen und diese über räumliches Denken, das Erkennen von visuellen Analogien, von Gestalt und Form mit einem Referenten in Bezug gesetzt. Ebenso werden Farbe und Form, Linienführung und Schattierung zur Produktion von Bedeutung in Bildern verwandt.¹²

Es geht daher nicht nur um ein ästhetisches Betrachten, eine eher passive Haltung gegenüber den Bildern, sondern um ein ästhetisches Handeln, insofern die Bilder betrachtet und gleichzeitig erzeugt und bearbeitet werden. Dieser Punkt ist zentral für die digitale Wissensproduktion, denn hier kommt es zur Verschränkung beider Prozesse: „Das Auge kontrolliert visuelle Strukturen, vergleicht Helligkeiten, Formen etc. und gleichzeitig werden sie bearbeitet, um gewisse Phänomene deutlicher zu machen, sie zu zeigen, um das Ergebnis dieser ästhetischen Entscheidungen gleich wieder zu kontrollieren, sie erneut zu verändern usw.“¹³

Für die genannten bildgebenden Verfahren CT und MRT ist in klinischer Medizin (Radiologie) und medizinischer Informatik zu prüfen, welche ästhetischen Strukturen im Arbeitsalltag in die Herstellung und Interpretation der Bilder hineinspielen, welche Wahrnehmungskategorien dabei

zur Anwendung kommen und welche Bedeutung das Ästhetische bei der Transformation des ansonsten unsichtbaren menschlichen Körperinneren erhält.

BETRACHTUNG ÄSTHETISCHER ASPEKTE IN RADIOLOGIE UND MEDIZINISCHER INFORMATIK: CT & MRT

Die Medizin ist nicht erst seit der Einführung der digitalen Bildgebungsverfahren in den 1970er und 1980er Jahren durch Bildmaterial geprägt, wie sich mit einem Blick auf die Geschichte der anatomischen Atlanten zeigen lässt.¹⁴ Allerdings stellen die digitalen Verfahren einen Einschnitt in die Seh- und Gestaltungstraditionen der Medizin und speziell der Diagnostischen Radiologie¹⁵ dar, insofern die notwendige Bindung an die Computertechnologien eine andere Bilddarstellung bedingte und zugleich vielfältige Möglichkeiten der Bildverarbeitung eröffnete. Der im Titel genutzte Begriff der „Tomographie“ und die damit bezeichnete Technik, den menschlichen Körper in bildliche „Schichten“ oder „Scheiben“ zu zerlegen, fanden schon in den 1920er Jahren ihren Einsatz in der Röntgentechnik.¹⁶ Aber erst durch die Einführung des Computers und die damit zusammenhängende Entwicklung von CT und MRT wurde das Konzept ein bahnbrechender Erfolg. Die Medizin ist seit diesem Wandel in den Bildgebungsverfahren an die Informatik gebunden. Nicht nur sind Computer notwendig, um die Massen an Messdaten zu verarbeiten, die bei der Bildgebung des menschlichen Körpers entstehen.¹⁷ Die Informatik liefert auch die passenden Programme, damit die Radiologie als bildnutzendes und bildinterpretierendes Fachgebiet mit den Visualisierungen umgehen kann. Aufgrund eines mehrstufigen Verarbeitungsprozesses aus Datenerfassung, Rekonstruktion, Segmentierung und Visualisierung entstehen aus digitalen Daten routinemäßig zweidimensionale Graustufenbilder.

Untersuchungen aus den amerikanischen Social Studies konnten zeigen, dass diese „zweidimensionalen Graustufenbilder“ als Output beider Verfahren durchaus auf wahrnehmungsspezifischen Entscheidungen der Radiologen¹⁸ beruhen.

CT und MRT wurden in anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen, maßgeblich Chemie und Physik, entwickelt, und lieferten Messergebnisse in Form von Zahlen.¹⁹ Doch die Geräteindustrie entdeckte die Medizin schnell als potentielle Abnehmerin dieser Messverfahren und veränderte den Output der Geräte, da die Radiologen vorrangig aus der Röntgentechnik den Umgang mit schwarz-weißem Bildmaterial gewohnt waren.²⁰

Eben an diesem Bildmaterial, den „zweidimensionalen Graustufenbildern“, lassen sich die Wahrnehmungskategorien der Radiologen genauer darlegen. Schon in der radiologischen Ausbildung wird großer Wert auf das „Vergleichende Sehen“ gelegt.²¹ Sie zeichnet sich durch ein visuelles Training aus, insofern die Studenten wie auch die Assistenzärzte durch Bildbände, Atlanten und Beispielbilder die „typischen“ Krankheitszeichen zu sehen und zu erkennen lernen. Die Radiologen gehen davon aus, dass die Expertise des Interpretierenden in der umfassenden Erfahrung des Sehens vieler Tausender radiologischer Muster besteht, die in einer organisierten und durchsuchbaren mentalen Matrix von diagnostischer Bedeutung und pathologischen Merkmalen synthetisiert.²² Kommt es dann in den alltäglichen Strukturen der Diagnostischen Radiologie zu einer Bildbefundung, vergleicht der Radiologe die CT- und MRT-Bilder mit den gesammelten „Bilderfahrungen“ wie auch mit anderen Bildern aus ähnlichen Untersuchungen oder in den schon erwähnten Atlanten. Der Blick des Radiologen prüft und bewertet die Bilder, vergleicht sie und kommt aufgrund dieser Arbeit am und mit dem Bild zu einem Ergebnis, dem Befund, der innerhalb der klinischen Medizin in die Diagnose einfließt.

Insofern der Radiologe vor allem an einer „möglichst eindeutigen Diagnose“²³ interessiert ist, betonen die Vertreter des Fachbereichs bestimmte Qualitäten des ihrer Arbeit zugrunde liegenden Bildmaterials. Bei den Bildgebenden Verfahren CT und MRT interessiert die Radiologen vor allem, inwiefern die neuen Techniken und deren Bildmaterial nicht nur eine Verbesserung der Bildqualität, sondern auch eine Verbesserung der diagnostischen Genauigkeit zeigen.²⁴ Die genannte Bildqualität schlägt sich in

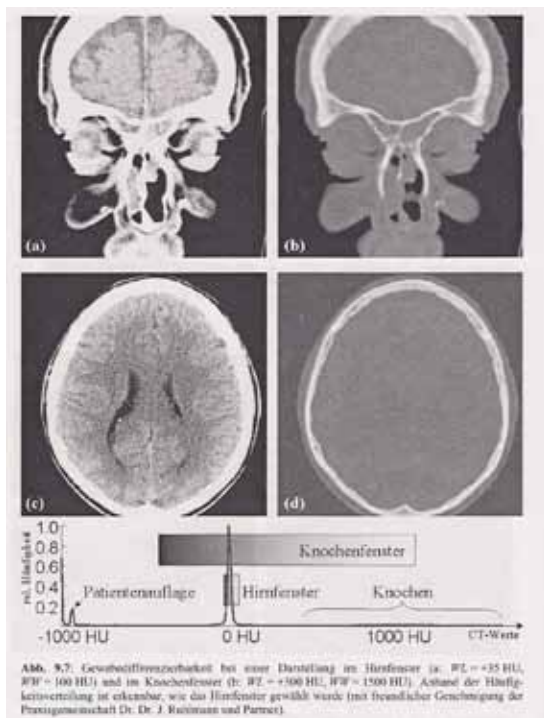


Abb. 1 Tomogramme des Kopfes

Formulierungen wie „brillante scharfe Bilder“²⁵ sowie der Forderung nach einer „hohen räumlichen Auflösung“ oder „exzellentem Weichteilkontrast“²⁶ nieder. Diese Aspekte werden als hilfreich angesehen, um die „typischen Formen“ in den Bilderscheinungen zu erkennen. Beispielsweise werden die primären Hirnlymphome als „[...] typischerweise umschriebene, wenig scharf begrenzte, ovale oder runde Raumforderungen von durchschnittlich 3 cm Durchmesser [...]“²⁷ benannt. Äußerungen der angeführten Art lassen sich vielfach in den radiologischen Fachzeitschriften²⁸ finden und zeigen, inwiefern es visuelle Charakteristika wie scharfe Konturen, gute Differenzierbarkeit oder hohe Auflösung der Bilder sind, die in der Radiologie zu der Bewertung eines „guten“ im Sinne eines „nützlichen“ Bildes beitragen. Diese Bilderergebnisse erlauben den Radiologen, verschiedene Bildbereiche abzugrenzen und erlernte Vergleichsmomente schnell zu erkennen, um die möglichst eindeutige Diagnose zu gewährleisten. Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die sogenannte *Fensterung* als einer

Art der Bildverarbeitung, die früh durch den Computer Einzug in den radiologischen Bildumgang gefunden hat. Die medizinische Informatik zählt das Einstellen von Graustufenfenstern genauso wie von Kontrast und Helligkeit sowie Lupenfunktionen und Ausschnittvergrößerungen zu den unverzichtbaren und notwendigen Werkzeugen des Radiologen.²⁹ Somit lässt sich an dieser Graustufenfensterung besonders gut der Konnex von Medizin und Informatik und dessen Bedeutung für Herstellung und Gebrauch der medizinisch-technischen Bilder oder das *Handeln* mit Bildern vorstellen.

Die erste Abbildung³⁰ (Abb. 1) präsentiert Tomogramme des Kopfes, wie sie in der Computertomographie entstehen. Für derartige Visualisierungen sind die sogenannten Hounsfield-Einheiten (HE) oder Hounsfield units (HU) ausschlaggebend, die in der Darstellung unten angegeben sind. Diese Werte umfassen ein mögliches Spektrum von typischerweise 4096 Graustufenwerten und beschreiben die Abschwächung der Röntgenstrahlung im Gewebe. Wenn bestimmte Schwächungskoeffizienten von menschlichem Gewebe mit Grauwerten in Bezug gesetzt werden, um eine eindeutige Zuschreibung zu gewährleisten, steht dahinter eine Theorie der Verbildlichung, die hier nicht in allem Umfang erläutert werden kann. Kurz erläutert ist aber dem Diagramm unter den Tomogrammen zu entnehmen, dass die linke Visualisierung im so genannten „Hirnfenster“, die rechte im „Knochenfenster“ dargestellt ist. Damit gemeint sind die eben genannten Hounsfield-Einheiten: Das menschliche Gehirn besteht größtenteils aus weichteil- und wasseräquivalentem Gewebe und lässt sich in der Tomographie besonders gut bei einem kleinen Fenster von etwa -100 bis +35 HE darstellen. Knochen hingegen umfassen einen sehr großen Bereich von Hounsfield-Einheiten, so dass eine Fensterung von -300 bis +1500 HE gewählt wurde, um einen Kontrast von weichem Gewebe und Knochen zu erhalten. Das Vorgehen der Fensterung ist insofern notwendig, als bei einer Visualisierung aller Graustufenwerte einer Messung nur eine „graue Suppe“ zu sehen wäre.³¹ Die Informatik geht davon aus, dass dem menschlichen Auge nur eine Differenzierung von weniger als 64 ver-

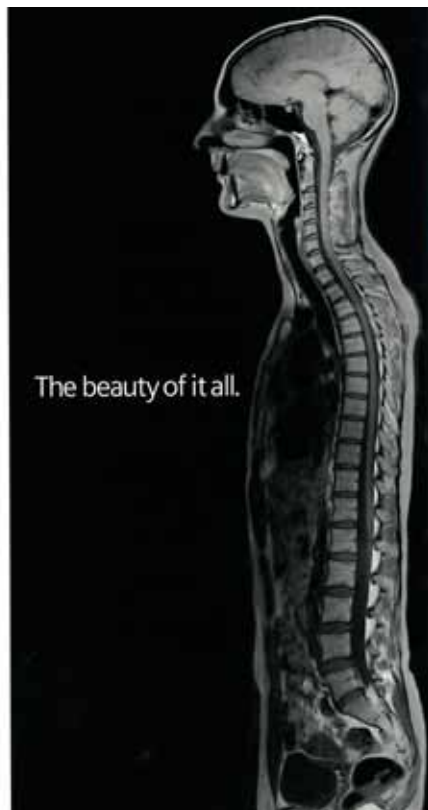


Abb. 2 Werbung der Siemens AG in der Zeitschrift „Medical Solutions“

schiedenen Grauwerten möglich ist, weshalb sie als ersten Bildverarbeitungsschritt die eben beschriebene Graustufenfensterung eingeführt hat.³² Diese unterschiedlichen Fenster können von den Medizinern als „Standardfenster“ ausgewählt werden, um Gewebedifferenzierungen besser erkennbar, das heißt wie an der Abbildung zu sehen: kontrastreicher zu machen. Das Auswählen von Standardfenstern deutet an, dass die Mediziner *nach* der eigentlichen Messung über Interaktionen mit dem Computer und dessen Darstellungsmöglichkeiten an und mit den Bildern arbeiten. Wie im Zitat von Martina Heßler aufgegriffen, geht es nicht nur um ein ästhetisches Betrachten, sondern um ein ästhetisches Handeln: Der Radiologe kontrolliert über seine Augen, seinen visuellen Sinn, an der visualisierten Darstellung auf dem Computer-

bildschirm Helligkeitswerte und Kontraste und bearbeitet das Bild durch die von der Informatik zur Verfügung gestellte Befundungssoftware, um gewisse Phänomene deutlicher hervorzuheben. Die Interpretation der radiologischen Bilder erfolgt in diesem Prozess zwischen Anschauung und Veränderung der Abbildung, geleitet von der Suche nach einer „möglichst eindeutigen Diagnose“ und am besten dem eindeutigen Bild, das der Visualisierung der Pathologien dient. Die medizinische Informatik ist sich in weiten Teilen bewusst, welche Möglichkeiten sie dem Radiologen zur Verfügung stellt. Ihre Arbeit ist insgesamt auf die Verbesserung von Darstellungsauflösung und Bildkontrasten hin ausgerichtet, wie an einer Abbildung zur MRT³³ (Abb. 2) aus der Zeitschrift *Medical Solutions* belegbar: Die Siemens AG betont im begleitenden Text, dass neueste Technologien zu Auflösungen im Submillimeterbereich fähig sind, um auch die kleinsten Verästelungen der Koronararterien visualisieren zu können. Mit dem Schriftzug „The beauty of it all“ werden eben diese, durchaus ästhetisch zu nennenden Wahrnehmungserwartungen des medizinischen Klientels angesprochen, aber auch grundsätzliche Vorstellungen der „Schönheit“ des menschlichen Körpers, seiner Proportionen etwa bedient.

Letztlich unterstreicht ein Zitat von Heinz-Otto Peitgen, Informationstechnologe am Centrum für Medizinische Diagnosesysteme und Visualisierung in Bremen, die Gefahren solcher „schönen“ Visualisierungen: „Bei den rekonstruierten Visualisierungen liegt eine große Gefahr darin, dass sie eine Exaktheit vortäuschen, die in Wahrheit nicht gegeben ist.“³⁴ In der Radiologie und der Medizin aber müssen diese Abbildungen genau das erfüllen: Wenn Bildgebende Verfahren zur Unterstützung der Diagnose eingesetzt werden, dann gehen die Mediziner davon aus, dass in den Ergebnissen der Referent, nämlich der menschliche Körper, visualisiert wird.³⁵ Problematisch wird diese Annahme einer Repräsentation in erster Linie dann, wenn Radiologen in den Bildern etwas sehen, was kein Äquivalent im menschlichen Körper besitzt – so genannte falsch-positive Befunde – oder sie etwas übersehen, das eigentlich zu erkennen sein müsste – so genannte falsch-negative Befunde.

Die Suche nach einer „möglichst eindeutigen Diagnose“ kann den Blick auch verstellen, so dass bestimmte Bildzeichen übersehen und andere Bildinhalte überinterpretiert werden.

ÄSTHETISCHE KONSTRUKTE?

Bei den radiologischen Bildergebnissen handelt es sich letztlich um Visualisierungen eines zum Zeitpunkt der Bildgebung Unsichtbaren, nämlich des menschlichen Körperinneren. Die Wahrnehmungskategorien und ästhetisch zu nennenden Erwartungen der Radiologen, ihre Seh- und Darstellungstraditionen, erhalten in diesen Prozessen immense Bedeutung. Es ist nicht von der Hand zu weisen, dass die Vorstellungen von Deutlichkeit oder guter Bilddarstellung in der Radiologie sowie in der medizinischen Informatik Einfluss auf die Ergebnisse bildgebender Verfahren haben und somit die Herstellung einer „möglichst eindeutigen Diagnose“ mit Hilfe dieser Ergebnisse problematisieren. Letztlich handelt es sich auch bei medizinischen Bildern um soziotechnische und vor allem ästhetische Konstrukte, die keinesfalls *eindeutig* sind. Vielmehr ist für sie ähnlich dem künstlerischen Bild eine *visuelle und ästhetisch bedingte Mehrdeutigkeit* anzunehmen, die einer bildwissenschaftlichen Reflexion bedarf.

1 Hans Belting: Die Herausforderung der Bilder. Ein Plädoyer und eine Einführung, in: Ders. (Hg.): Bilderfragen. Die Bildwissenschaften im Aufbruch, München 2007, S. 11–23, hier S. 21.

2 Seit Einführung der CT Anfang der 1970er Jahre wurden neben der MRT noch weitere bildgebende Verfahren wie bspw. die PET (Positronen-Emissionstomographie) und die SPECT (Single-Photon-Emissions-Computertomographie) entwickelt und eingeführt, die in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt werden.

3 Gottfried Boehm: Die Wiederkehr der Bilder, in: Ders. (Hg.): Was ist ein Bild? München 1994, S. 11–38, hier S. 13.

4 Im Speziellen sind hier die an der Diskussion um das „Projekt der Bildwissenschaft“ beteiligten Disziplinen wie Kunstgeschichte, Philosophie, Medienwissenschaften, Wissenschaftsgeschichte und Sozialwissenschaften gemeint.

5 Gottfried Boehm: Das Paradigma „Bild“. Die Tragweite der ikonischen Episteme, in: Hans Belting (Hg.): Bilderfragen. Die Bildwissenschaften im Aufbruch, München 2007, S. 77–82, hier S. 79.

6 Vgl. Regula V. Burri: Doing Images. Zur Praxis medizinischer Bilder, Bielefeld 2008, S. 167; Martina Heßler: Visualisierungen in der Wissenskommunikation, Aachen 2004, S. 8ff.

7 Verena Krieger: At war with the obvious – Kulturen der Ambiguität. Historische, psychologische und ästhetische Dimensionen des Mehrdeutigen, in: Dies. et al. (Hg.): Ambiguität in der Kunst. Typen und Funktionen eines ästhetischen Paradigmas, Köln 2010, S. 13–49, hier S. 13.

8 Karlheinz Barck et al.: Ästhetik/ästhetisch, in: Karlheinz Barck et al.: Ästhetische Grundbegriffe, Bd. 1, Stuttgart/Weimar 2000, S.

308–400, hier S. 308.

9 Barck 2000, S. 310.

10 Martina Heßler, Dieter Mersch: Bildlogik oder Was heißt visuelles Denken?, in: Dies. (Hg.): Logik des Bildlichen. Zur Kritik der ikonischen Vernunft, Bielefeld 2009, S. 8–62, hier S. 44.

11 Bettina Heintz und Jörg Huber: Der verführerische Blick: Formen und Folgen wissenschaftlicher Visualisierungsstrategien, in: Dies. (Hg.): Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten, Wien 2001, S. 9–40, hier S. 22.

12 Martina Heßler: BilderWissen, in: Ralf Adelman et al.: Datenbilder. Zur digitalen Bildpraxis in den Naturwissenschaften, Bielefeld 2009, S. 133–161, hier S. 144.

13 Heßler 2009, S. 145.

14 Markus Buschhaus: Über den Körper im Bilde sein. Eine Medienarchäologie anatomischen Wissens, Bielefeld 2005.

15 1988 wurde in Deutschland der Facharzt für „Radiologische Diagnostik“ eingeführt; vgl. Günter Kaufmann et al.: Radiologie, München 2006, S. 7.

16 Thorsten M. Buzug: Einführung in die Computertomographie, Berlin 2005, S. 42; Barry F. Saunders: CT suite. The work of diagnosis in the age of noninvasive cutting, Durham/London 2008, S. 1.

17 Allein bei einer tomographischen Untersuchung des Herzens beläuft sich die Anzahl der aus Daten erzeugten Visualisierungen auf bis zu 320 Einzelbilder, mit denen die medizinisch-technischen Assistenten und die Radiologen umzugehen haben. J.-A. Koch et al.: Bestimmung links- und rechtsventrikulärer Volumenejektionsfraktionen (VEF) mittels MRT bei 1,0 T. Vergleich von manueller und semiautomatischer Endokarddetektion, in: Der Radiologe, Bd. 40, Heft 2 (2000), S. 136–142, hier S. 136.

18 Diese und andere Bezeichnungen wie etwa „Röntgenologen“, „Studenten“, „Assistenzärzte“ etc. werden im generischen Sinn verwendet und schließen im Falle einer Unbestimmtheit des Angesprochenen auch die weibliche Form mit ein.

19 Kelly A. Joyce: From Numbers to Pictures: The Development of Magnetic Resonance Imaging and the Visual Turn in Medicine, in: Science as Culture, Bd. 15, Nr. 1 (2006), S. 1–22, hier S. 5ff.

20 Joyce 2006, S. 14ff.

21 Beverly P. Wood: Visual Expertise, in: Radiology, Bd. 211, Nr. 1 (1999), S. 1–3.

22 Wood 1999, S. 1.

23 Olle Olsson: Planung einer röntgendiagnostischen Abteilung, in: Der Radiologe, Bd. 10, Heft 5 (1970), S. 167–180, hier S. 167.

24 Matthias Goyen und Heinz-Peter Schlemmer: Ganzkörper-MRT – Diagnostische Strategie der Zukunft?, in: Der Radiologe, Bd. 47, Heft 10 (2007), S. 904–914, hier S. 906.

25 Rainer Flöhl: Röntgenbild bald ganz ohne Film. Digitalisierung durch Festkörperdetektoren, in: Der Radiologe, Bd. 38, Heft 10 (1998), S. 156–157, hier S. 157.

26 Beide Zitate: Kersten Villringer et al.: Die Bedeutung der funktionellen Magnetresonanz (fMR) für die radiologische Diagnostik, in: RöFo, Bd. 173, Heft 2 (2001), S. 165–167, hier S. 165.

27 Martin Hartmann und Klaus Sartor: Primäre maligne Lymphome des Gehirns, in: Der Radiologe, Bd. 37, Heft 1 (1997), S. 42–50, hier S. 46.

28 In diesem Beitrag wird auf zwei deutsche Fachzeitschriften der Radiologie, Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und Bildgebenden Verfahren und Der Radiologe, Bezug genommen.

29 K. Adelhard et al.: Aspekte der elektronischen Krankenakte in der Radiologie, in: Der Radiologe, Bd. 39, Heft 4 (1999), S. 310–315, hier S. 314.

30 Aus Buzug 2005, S. 408.

31 Kathrin Friedrich: „Graue Suppe“? Zur Äquivalenz von Graustufen, in: Dies., Sven Stollfuß (Hg.): Blickwechsel. Bildpraxen zwischen Wissenschafts- und Populärkultur, Marburg 2011, S. 39–50, hier S. 46.

32 D. Schuhmann et al.: Computergestützte Diagnostik basierend auf computergestützter Bildanalyse und 3D-Visualisierungen, in: Der Radiologe, Bd. 38, Heft 10 (1998) S. 799–809, hier S. 801.

33 Aus Medical Solutions, Siemens AG Erlangen, Nr. 33 (Dezember 2003), Folder zur TIM-Technologie.

34 Heinz-Otto Peitgen et al.: Virtuelle Realität in der Radiologie. Zwischen Hoffnung und Dilemma, in: Der Radiologe, Bd. 40, Heft 3 (2000), S. 203–210, hier S. 204.

35 Regula Burri arbeitet in diesem Zusammenhang den Begriff des „Bilderglaubens“ in der Medizin heraus, vgl. Burri 2008, S. 164.

DIE HELLE KAMMER UTERUS

Daniel Hornuff

Seit einigen Jahren können private Wohnungen mit einem neuen Bildtypus ausgestattet werden: Wo bisher vorwiegend Familienfotos, Kalender, Kunstreproduktionen und Urlaubsmitbringsel zur Ausgestaltung beitragen sollten, lassen sich inzwischen auch medizinische Bilder ästhetisch zweitverwerten. Vor allem Darstellungen des Ungeborenen¹ stehen dabei besonders hoch im Kurs. Inzwischen konkurrieren etliche Firmen um werdende Eltern und deren Angehörige, indem sie ihnen die Stilisierung von Ultraschallaufnahmen offerieren. Folglich können Sonogramme sowohl auf gerahmte als auch ungerahmte Leinwände in unterschiedlicher Größe und Farbe hochgezogen oder gleich als plastische 3D-Ausdrucke zugesandt werden. Entsprechend darf das Ungeborene bereits vor seiner Geburt als visueller Platzhalter, Briefbeschwerer oder Türstopper zur Linderung lästiger Alltagsärgernisse eingesetzt werden.

Was dem ersten Blick als absurd-kitschige Begleiterscheinung einer allgemeinen Ästhetisierung der Lebenswelt erscheinen mag, stellt sich bei genauerer Betrachtung als Symptom einer tiefgreifenden Auf- und Umwertung der vorgeburtlichen Phase dar: Was früher einmal

von somatischen Zweifeln getragen gewesen war, weil es neben der christlichen Ikonografie kein allgemeines Bild von Schwangeren und Ungeborenen gab, gilt heute als ästhetisch vermittelbare, erotisch aufladbare, objektivierbare Gewissheit. Die Schwangerschaft im Allgemeinen hat sich über die letzten Jahre zur popästhetischen Sensationsveranstaltung, zum entblößungsfähigen „Abenteuer“ gesteigert und genießt folglich als Körperspektakel höchste Aufmerksamkeit.

Und auch der Uterus, ehemals eine dem steten Wechsel subjektiver Sorgen und Ahnungen ausgesetzte black box, ein mysteriöser Innenraum des Uneinsehbaren, scheint mittlerweile bis in letzte Winkel auszuleuchten zu sein. Vom Ungeborenen sind nun ebenfalls Abbilder zu erstellen, die man sich in Portemonnaies stecken oder an Wände hängen kann, noch bevor das Heranwachsende als Kind in den Armen seiner Eltern liegt. Exemplarisch bringt es ein irisches – rein kommerziell agierendes – Ultraschallstudio auf den Punkt, indem es den Ausdruck von „Farb- und Schwarzweiß-Porträts“ anbietet: „You will receive at least four colour portrait prints, and at least two black and white portrait prints“.²



Abb. 1 Bericht und Illustration aus der BILD Bundesausgabe vom 10.10.2012, S. 24.

Tatsächlich werben heute nahezu alle größeren Pränatalzentren damit, Kunden „Ihr Kind“ oder „ein Baby“ zu zeigen. Wurde in vor- und frühmodernen Zeiten das Werden des Ungeborenen als Reifen einer „Frucht“ oder als Großwerden eines „Gewächses“, als Gefühl „gestockten Bluts“ oder als Zustand „guter Hoffnung“⁴³ und damit als weitestgehend Ungewisses beschrieben,

das erst mit seinem Heraustritt als wesenhafte Gestalt aufzufassen war, dominiert heute der Wunsch, mit dem Einsatz technischer Hilfsmittel die Familie bereits in der Schwangerschaft um das Mitglied des Ungeborenen zu erweitern.

„Ich bin froh, bei der Ultraschalluntersuchung dabei gewesen sein“, jubelt „Gerald, 32“ in einem Magazin für werdende Eltern über seine Erfahrungen, die er in Begleitung seiner Frau zu Ultraschallterminen gesammelt habe. Und weiter: „Ich habe auf dem Monitor das Herz schlagen sehen und dachte: Wow, das ist mein Kind! Dieses Erlebnis hat mir geholfen, schon vor der Geburt eine Beziehung zu meinem Kind aufzubauen.“⁴⁴

Längst wurde die Praxis der Pränataldiagnostik um das Spektakelmoment einer hochglanzpolierten Pränatalästhetik erweitert. Den eindeutigen Beleg dürfte die Erfindung und Einführung des 3D-Ultraschalls liefern: Ohne jegliche medizinisch-diagnostische Funktion ausgestattet, beweist sein Einsatz, wie stark der Wunsch werdender Eltern nach einem Baby-TV die technologische Entwicklung und visuelle Konfiguration klinischer Geräte mitbestimmt. Die Physiognomisierung des Fötus und die daraus abgeleitete Kultur der Pränatalporträts zeigt beispielhaft, wie tief medizinische Wissensermittlungen von ästhetischen Moden und kulturellen Vorstellungen des Schönseins durchzogen sein können. In jedem Fall ist durch den massiven, ja beinahe obligatorischen Einsatz des vorgeburtlichen Screenings eine bild- und ästhetiktheoretisch äußerst brisante Übersetzungsleistung festzustellen: Der anthropologische Status des Fötus ist an seine visuelle Übermittlung gekoppelt. Was sich vermeintlich leibhaftig, jedenfalls als bewegtes Gegenüber auf dem Bildschirm zeigt und zudem mit fazialen Vorzügen ausgestattet ist, wird geradezu reflexartig auf einer ontologischen Stufe mit einem generellen Menschsein angesiedelt. Kürzer gefasst: Das Ding auf dem Sonogramm ist als vollgültiges Wesen akzeptiert, weil es zu den äußeren Merkmalen eines menschlichen Wesens in Ähnlichkeitsbeziehungen steht. „Der Mensch entsteht im Bild“⁴⁵, ist sich beispielsweise die Wissenschaftshistorikerin Barbara Orland sicher. „Sie schaut in einen stockdunklen, technisch konstruierten „Raum“ hinein und ihr „Gesicht“



Abb. 2 Illustration des Arzt-Patienten-Settings während einer Ultraschalldiagnose, entnommen aus: Aponti/Bübchen (Hg.). Margit Liebscher (Redaktion): *Ihr Baby auf dem Weg ins Leben*. Düsseldorf/München 1985, S. 27

wird dazu veranlaßt, dort ihr kommendes Kind zu ‚sehen‘⁶, führt die Körperhistorikerin Barbara Duden etwas differenzierter, zudem nicht ohne kritischen Unterton aus.

Es ist kein bloßer Zufall, dass Roland Barthes in seinem berühmten Essay über die „Gewißheit“ analoger Fotografien an entscheidender Stelle den Vergleich zum Ungeborenen andeutet: „Von einem realen Objekt, das einmal da war, sind Strahlen ausgegangen, die mich erreichen, der ich hier bin; [...] eine Art Nabelschnur verbindet den Körper des photographierten Gegenstandes mit meinem Blick: das Licht ist hier, obschon ungreifbar, doch ein körperliches Medium“. Dass das Medium tatsächlich selbst „körperlich“ wird, lässt sich daran ablesen, dass nahezu jeder Pränatalmediziner die Geschichte vom liebsten Ultraschallmonitor zu erzählen weiß: Offenbar überwältigt von den – visuellen – „Erstbegegnungen“ mit ihren „Kindern“, beginnen viele werdende Mütter und Väter, während der Diagnose intuitiv den Bildschirm des Ultraschall-

geräts zu streicheln. Reflexartig nehmen sie eine Auslagerung des Ungeborenen aus dem Körper der Frau wahr, ja berühren den Monitor, weil ihnen das erscheinende Bild – das aufleuchtende Gesicht – die plötzlich vollständige Anwesenheit des eigentlich Unsichtbaren suggeriert. Ihr momentaner Bildglaube überwölbt ihr Wissen um die Grundgesetze der Anatomie. Vielleicht ist es, frei nach Barthes, die angenommene „Emanation des Referenten“, eine kulturell gesteuerte Blick- und Erfahrungsprägung der anwesenden Laien, die dazu führt, dass dem sonografischen Bild die ontologische Qualität einer „Bewahrung“ zugestanden wird.⁷

Allerdings wäre viel zu verkürzt, den Glauben an das Bild vom Ungeborenen als genuin moderne, lediglich einem technischen Zeitalter vorbehaltene Kulturpraxis zu deuten. Wenn Schönes tatsächlich Wissen schafft, so muss gerade die pränatale Bildkultur der Vor- und Frühmoderne Beachtung finden. Zwar hat man es hier vorwiegend mit Material aus den engen Kreisen der

Gelehrten und gebildeten Fachleute zu tun und folglich mit einem Bestand, der nur sehr kleinen Zirkeln zugänglich war; und doch prägten sich in einzelnen Darstellungen die spekulativen Ideen und ersten anatomischen Kenntnisse des Schwangergehens in einer solch ästhetischen Prägung aus, dass die Vermutung plausibel erscheint, wonach mit solchen Bildern ebenfalls an Überzeugungen und (neuen) Weltansichten gebaut werden sollte. Exemplarisch sei eine der bekanntesten Bildinszenierungen angeführt: Der deutsche Anatom Samuel Thomas Soemmerring verfolgte im ausgehenden 18. Jahrhundert ein pränatalästhetisches Vorhaben, dessen Zielrichtung bereits an der Wahl seines Mitarbeiters ablesbar war: Denn der Mainzer Zeichner Christian Koeck galt als ausgewiesener Spezialist für Anatomieinszenierungen, die mit dem Potenzial einer visuellen Sensation wuchern konnten. Als ehemaliger Modellierer verstand er sich bestens auf die Erschaffung plastischer Figurenbildungen. Er machte mit grafischen Mitteln das, was man heute wohl mit ‚Science-tainment‘ umschreiben würde: Er kleidete die Wissenschaft in reizvoll-sinnliche Bilder, illustrierte das Abstrakte, ästhetisierte das allzu Fide und lud mit emotionalen Mehrwerten auf, was durch Sektionen und Vermessungen des Körpers ermittelt wurde. Soemmerring und Koeck, die seit Beginn der 1790er Jahre mehrfach zusammen gearbeitet hatten, schmiedeten keineswegs die erste, dafür aber eine der erfolgreichsten Kooperationen aus Anatomie und Ästhetik auf dem Feld der Embryologie.

Ihre Form der Zusammenarbeit ist auch deshalb so beachtenswert, weil sich aus ihr eine für die moderne embryologische Aufklärungsbewegung geradezu stilbildende Bildpolitik formierte. Denn keineswegs war Soemmerring, wie es für seine Zeit typisch gewesen wäre, daran interessiert, Tatsächlichkeit im Sinne einer mimetischen, abbildungsgetreuen Wiedergabe natürlicher Gegebenheiten festzuhalten. Vielmehr sollte – vor allem – der medizinisch Ungebildete, ja generell „der Naturkunde Unkundige“ aus zwei Zeichenblättern „nahezu mühelos [...] Wachstum und Entwicklung des menschlichen Körpers von der dritten Woche nach der Zeugung bis zum fünften oder sechsten Monat erkennen“

können. Die Forderungen nach einer im besten Fall unmittelbaren Erschließung der insgesamt zwanzig Ungeborenenfiguren erforderte eine bildnerische Fokussierung auf Entscheidendes, die Extrahierung bezeichnender Merkmale. Zusätzlich verfolgte Soemmerring den ehrgeizigen Plan, dem Betrachter durch die angestrebte Bildserie der Embryonalentwicklung verschiedene Wesensstufen der Schönheit darzulegen. Was zu sehen war, sollte mit steigender – sich durch die Figurenreihe entfaltender – Intensität ästhetisch faszinieren, um zu überzeugen. Und es sollte, umgekehrt, schrittweise überzeugen, um als ästhetisches Faszinosum der Erinnerung verhaftet zu bleiben. So hatten sich die „Abbildungen – abgesehen von ihrer Neuartigkeit, Klarheit und Naturtreue – durch Präzision, Anordnung und Feinheit von selbst [zu] empfehlen“. Entsprechend verweisen bereits in der Titelgebung des Werkes die *Icones* auf das hervorstechende Anliegen, nicht die Bilder in den Dienst der Wissenschaft, sondern die Wissenschaft in den Dienst der Bilder zu stellen – mit dem Ziel, einem stilistischen Programm sowohl die erforderliche Gestaltkraft als auch einen akademischen Legitimationsapparat zuteilwerden zu lassen.

Folglich ging Soemmerring daran, die „Vorlagen in allen Fällen von den Lichtstrahlen in einem Winkel von circa 40°“ zu positionieren, sie „fast nach Art der Architekten“ zu vermessen, und – auf dieser scheinbar nach allen Regeln des Szientismus objektivierenden Grundlage – die suggestivstarke Visualisierung einzelner Stufen der Umbildung in Auftrag zu geben. Somit unterwarf der Konzentrationsfokus auf die *Icones* die empirische Validität – das Studium und, daraus folgend, die *imitatio* der Natur – dem Kunstwollen eines Anatomen, der das Aufschneiden eines Körpers und die Beschreibung des darin Vorgefundenen dem Ausmalen seiner bildnerischen Ideen unterordnete.

Galt es also, ein „mühevolles“ Begreifen pränataler Wachstums- und Wandlungsphasen zur ästhetisch vollendeten Aufführung zu bringen, stellte sich die Frage, wie aus der Masse der verfügbaren Objekte die bildaffinsten „Exemplare“ herauszufiltern seien. Es brauchte einen möglichst eindeutig differenzierenden Selekti-

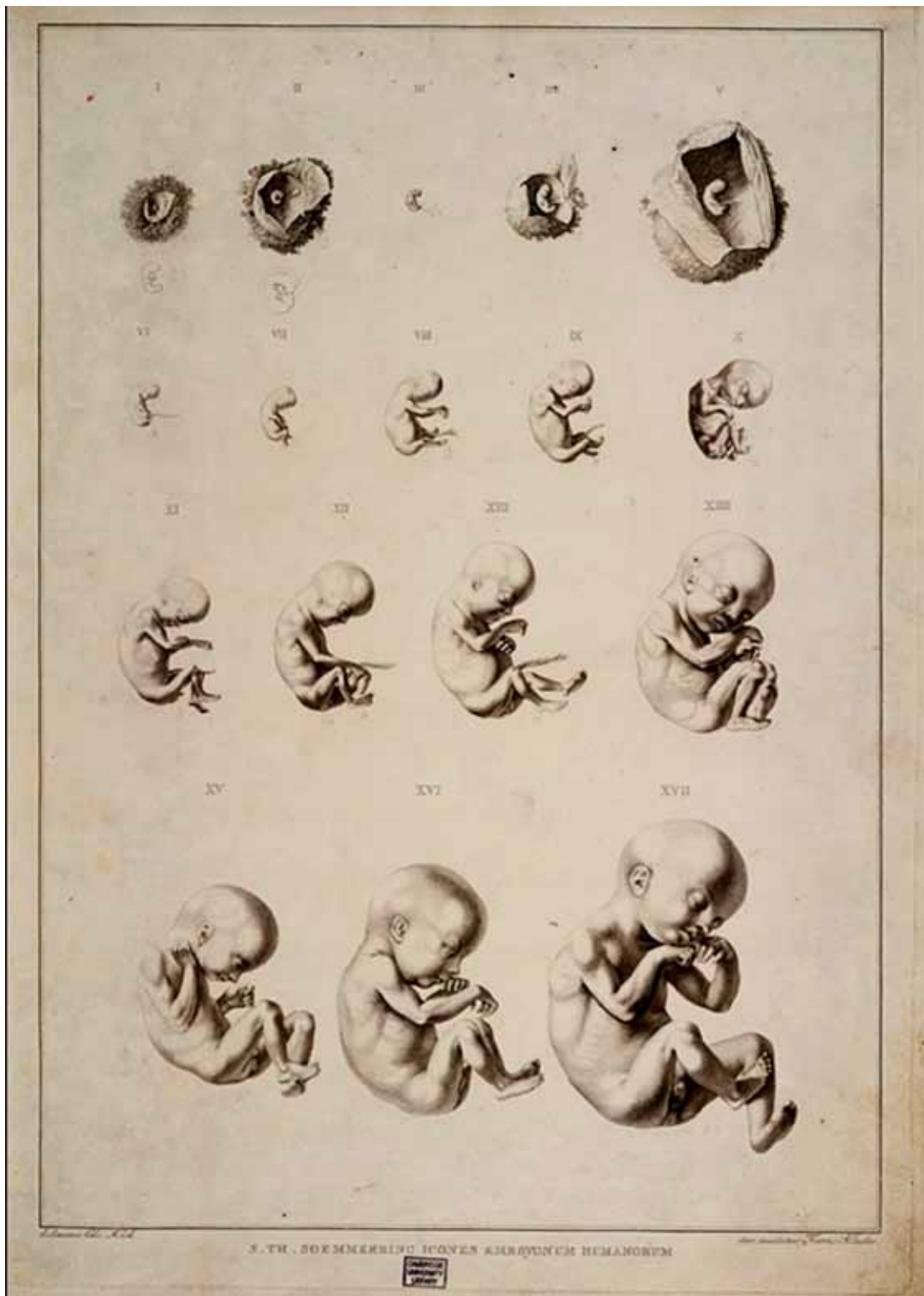


Abb. 3 Samuel Thomas Soemmerring: „Icones embryonum humanorum“ (1799), Tafel 1 der Doppelseite zur grafischen Darstellung des Ungeborenen, aus: Ders., Werke, Band 11. Schriften zur Embryologie und Teratologie. Herausgegeben, kommentiert und bearbeitet von Ulrike Enke, Basel 2000, S. 167

onsmechanismus, um aus der Angebotspalette die visuell potentesten Figuren auslesen zu können. Wie stilistisch ambitioniert, ja beinahe postmodern Soemmerring dabei dachte, zeigt sich daran, dass er seine embryologische Musterkollektion auf der Grundlage von Bildern – und nicht etwa, wie man es im Anatomiegebiete bisher gewohnt war, aus der direkten Beschäftigung mit Körpern – ermittelte: Nachdem er verschiedene Künstler beauftragt hatte, besonders aussagekräftige Reifungsstadien der gesammelten Leibesfrüchte – die „beste[n] Stücke“ – abzuzeichnen und die so entstandenen Blätter ihm vorzulegen, ging er daran, „aus der Zahl jener Bilder nur diejenigen aus[zuwählen], deren Vorlage nicht nur ohne jede schwere Entstellung waren, sondern sich auch durch rechte Harmonie der Glieder und, unter Berücksichtigung des Alters, durch Schönheit auszeichneten und bei der Behandlung keinerlei Schaden genommen hatten“. Bei „jenem Vergleich“ sei ihm aufgefallen, „daß besonders die Bilder des berühmten Koeck so sehr herausragen, daß sie an naturgetreuer Darstellung und an Kunstfertigkeit der Werke“ alle bisherigen Embryonaldarstellungen übertroffen hätten.

Damit war die Leitformel der gewünschten Popularisierung in die Tat umgesetzt: Die unabdingbare körperliche Makellosigkeit der Präparate musste mit einem auf „rechter Harmonie“ und Wohlgestalt aufbauendem, zudem auf „Kunstfertigkeit“ fußendem Schönheitsideal verbunden sein. Und waren erst einmal jene Exemplare herausgefiltert, die „in eine gewisse natürliche Ordnung“ zu reihen waren, ließ sich in einem zweiten Durchgang ihr inszenatorisches Leistungsvermögen ermitteln. Erst wenn alle Kriterien – einwandfreie Formgebung und stilistische Ausgewogenheit, verschmolzen zur einer Art Grafenität – erfüllt waren, konnten die Vorzeichnungen in einen zusammenhängenden Entwicklungsverlauf gesetzt und „die auf solche Weise zur Vollendung gelangten Tafeln zu [...] den in unserer Heimat bei weitem gefeiertsten Kupferstechern“ gegeben werden.⁸

Damit kehren sich bei allen medialen und produktionstechnischen Unterschieden intentionale Gemeinsamkeiten zwischen Soemmerring und der aktuellen Screenings-Praxis heraus: In bei-

den Fällen soll die Ästhetisierung das detektierte Wissen so aufbereiten, dass es an Suggestivstärke und unmittelbar fassbarer Überzeugungskraft gewinnt. Das Ungeborene, so steht zu vermuten, wird immer dann dem blinden Fleck seiner Inwendigkeit visuell entwunden, wenn es darum geht, es als Mensch im Sinne eines autonomen, sich selbst unterstellten Wesens auszugeben. Der Drang nach einem ästhetisch Schönen, nach einem von Wohlgestalt und Harmonie Bestimmten, schafft ehemals wie heute nicht nur neues Wissen; es scheint auch so, als wolle die Ästhetisierung des Ungeborenen auch den Beginn des Lebens vor die Geburt datieren.

1 Der nachfolgende Beitrag integriert Ergebnisse und Passagen einer umfassenderen Studie zur Ästhetik und Geschichte des Fötus, die der Verfasser in Kürze vorlegen wird.

2 <http://www.babyscan.ie/3d-scan-4d-scan/> (14.02.2013).

3 Vgl. dazu grundlegend Barbara Duden: Ein falsch Gewächs, ein unzeitig Wesen, gestocktes Blut: Zur Geschichte von Wahrnehmung und Sichtweise der Leibesfrucht, in: Gisela Staupe, Lisa Vieth (Hg.): Unter anderen Umständen: Zur Geschichte der Abtreibung, Berlin 1993, S. 27–35.

4 Anonymus: Was bedeutet euch der Ultraschall?, in: Eltern. Special Schwangerschaft (2010/2011), S. 68.

5 Barbara Orland: Der Mensch entsteht im Bild. Postmoderne Visualisierungstechniken und Geburten, in: Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik. Band 1,1 (2003): Bilder in Prozessen, S. 21–32, hier S. 21.

6 Barbara Duden: Die Gene im Kopf – der Fötus im Bauch. Historisches zum Frauenkörper, Hannover 2002, S. 106.

7 Roland Barthes: Die helle Kammer. Bemerkung zur Photographie. Aus dem Französischen von Dietrich Laube, Frankfurt am Main 1989, S. 90.

8 Samuel Thomas Soemmerring: Icones embryonum humanorum, Frankfurt am Main 1799, in: Ders.: Schriften zur Embryologie und Teratologie. Bearbeitet und herausgegeben von Ulrike Enke, Basel 2000, S. 171–173.

AN
HANG

LITERATUR

Adelhard, Klaus et al.: Aspekte der elektronischen Krankenakte in der Radiologie, in: Der Radiologe, Bd. 39, Heft 4 (1999), S. 310–315

Altekamp, Stefan: Das archäologische Gedächtnis, in: Ders./Knut Ebeling (Hg.): Die Aktualität des Archäologischen in Wissenschaft, Medien und Künsten, Frankfurt am Main 2004, S. 211–232

Anonymus: „Was bedeutet euch der Ultraschall?“, in: Eltern. Special Schwangerschaft (2010/2011)

ATLANTA Kulturstiftung/Firmenich, Andrea/Janssen, Johannes (Hg.): Ästhetik der Natur, Bad Homburg 2012

Aumann, Philipp/Duerr, Frank: Ausstellungen machen, Stuttgart 2013

Barck, Karlheinz et al.: Ästhetik/ästhetisch, in: Barck, Karlheinz et al.: Ästhetische Grundbegriffe, Bd. 1., Stuttgart/Weimar 2000, S. 308–400

Barnes, Emma: Die Medizin in der Kunst. The Art of Medicine, London 2011

Barthes, Roland: Die helle Kammer. Bemerkung zur Photographie. Aus dem Französischen von Dietrich Laube, Frankfurt am Main 1989

Baudrillard, Jean: Le système des objets, Paris 1968 (dt.: Das System der Dinge. Über unser Verhältnis zu den alltäglichen Gegenständen, Frankfurt am Main 1991)

Beck, Thomas: Ästhetik der Natur. Einführung, in: Müller-Tamm, Jutta et al. (Hg.): Verstandenes Lebensbild. Ästhetische Wissenschaft von Humboldt bis Vischer. Eine Anthologie, Berlin 2010

Belting, Hans: Die Herausforderung der Bilder. Ein Plädoyer und eine Einführung, in: Ders. (Hg.): Bilderfragen. Die Bildwissenschaften im Aufbruch, München 2007, S. 11–23

Benzing, Josef: Walther H. Ryff und sein literarisches Werk. Eine Bibliographie, Hamburg 1959

Bernbeck, Reinhard: Theorien in der Archäologie, Tübingen/Basel 1997

Bernstein, Charles M.: Titian and the anatomy of Vesalius, in: Bolletino dei musei civici veneziani, 1977

Boehm, Gottfried: Das Paradigma „Bild“. Die Tragweite der ikonischen Episteme, in: Belting, Hans (Hg.): Bilderfragen. Die Bildwissenschaften im Aufbruch, München 2007, S. 77–82

Boehm, Gottfried: Die Wiederkehr der Bilder, in: Ders. (Hg.): Was ist ein Bild?, München 1994, S. 11–38

Bowden, Mark/Rivers, Pitt: the life and archaeological work of Lieutenant-General Augustus Henry Lane Fox Pitt Rivers, Cambridge 1991

Bredenkamp, Horst/Bruhn, Matthias/Werner, Gabriele (Hg.): Bildwelten des Wissens. Oberflächen der Theorie, Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik, Bd. 1,2, Berlin 2003

Bredenkamp, Horst/Schneider, Birgit/Düinkel, Vera (Hg.): Das Technische Bild. Kompendium zu einer Stilgeschichte wissenschaftlicher Bilder, Berlin 2008

- Burke, Arthur W. (Hg.): Collected Papers of Charles Sanders Peirce, Bd. VII–VIII, Cambridge 1958
- Burri, Regula V.: Doing Images. Zur Praxis medizinischer Bilder, Bielefeld 2008
- Buschhaus, Markus: Über den Körper im Bilde sein. Eine Medienarchäologie anatomischen Wissens, Bielefeld 2005
- Buzug, Thorsten M.: Einführung in die Computertomographie, Berlin 2005
- Chandrasekhar, Subrahmanyan: Truth and Beauty – Aesthetics and Motivations in Science, Chicago/London 1987
- Clark, Andy/Chalmers, David J.: The Extended Mind, in: Analysis 58 (1998), S. 10–23
- Confurius, Gerrit: Editorial, in: Daidalos, Nr. 75, Mai 2000
- Corbalán, Fernando: Le Nombre d'or. Le langage mathématique de la beauté, Barcelona 2010
- Cramer, Friedrich/Kaempfer, Wolfgang: Die Natur der Schönheit. Zur Dynamik der schönen Form, Frankfurt am Main 1992
- Cushing, Harvey: A Bio-Bibliography of Andreas Vesalius, Hamden/London 1962
- De Chadarevian, Soraya/Hopwood, Nick (Hg.): Models: the third dimension of science, Stanford 2004
- Duden, Barbara: Die Gene im Kopf – der Fötus im Bauch. Historisches zum Frauenkörper, Hannover 2002
- Duden, Barbara: Ein falsch Gewächs, ein unzeitig Wesen, gestocktes Blut: Zur Geschichte von Wahrnehmung und Sichtweise der Leibesfrucht, in: Staupé, Gisela/Vieth, Lisa (Hg.): Unter anderen Umständen: Zur Geschichte der Abtreibung, Berlin 1993, S. 27–35
- Eberhardt, Gisela: Deutsche Ausgrabungen im „langen“ 19. Jahrhundert. Eine problemorientierte Untersuchung zur archäologischen Praxis, Darmstadt 2011
- Engel, Franz/Queisner, Moritz/Viola, Tullio: Das bildnerische Denken: Charles S. Peirce, München 2005
- Enzensberger, Hans Magnus: Die Elixiere der Wissenschaft – Seitenblicke in Poesie und Prosa, Frankfurt am Main 2002
- Evans, Christopher: Modelling monuments and excavations, in: Soraya de Chadarevian, Nick Hopwood (Hg.): Models: the third dimension of science, Stanford 2004
- Foucault, Michel: Les mots et les choses, Paris 1966
- Fischer, Ernst P.: Das Schöne und das Biest. Ästhetische Dimensionen in der Wissenschaft, Berlin 2006
- Flöhl, Rainer: Röntgenbild bald ganz ohne Film. Digitalisierung durch Festkörperdetektoren, in: Der Radiologe, Bd. 38, Heft 10 (1998), S. 156–157
- Forssman, Erik: Säule und Ornament. Studien zum Problem des Manierismus in den nordischen Säulenbüchern und Vorlageblätter des 16. und 17. Jahrhunderts, Stockholm 1963
- Friedrich, Kathrin: „Graue Suppe“? Zur Äquivalenz von Graustufen, in: Dies./Stollfuß, Sven (Hg.): Blickwechsel. Bildpraxen zwischen Wissenschafts- und Populärkultur, Marburg 2011, S. 39–50
- Gabriel, Gottfried: Zwischen Logik und Literatur, Stuttgart 1991

Geier, Manfred: „Schriftlichkeit und Philosophie“, in: Armin Burkhardt (Hg.): Handbücher zur Sprach- und Kommunikationswissenschaft, Bd. 10.1: Hartmut Günther und Otto Ludwig (Hg.): Schrift und Schriftlichkeit. Ein interdisziplinäres Handbuch internationaler Forschung, Berlin 1994, S. 646–654

Georg-August-Universität Göttingen (Hg.): Dinge des Wissens. Die Sammlungen, Museen und Gärten der Universität Göttingen, Ausstellungskatalog, Göttingen 2012

Goodman, Nelson: Sprachen der Kunst. Entwurf einer Symboltheorie, Frankfurt am Main 2004

Goyen, Matthias/Schlemmer, Hans-Peter: Ganzkörper-MRT – Diagnostische Strategie der Zukunft?, in: Der Radiologe, Bd. 47, Heft 10 (2007) S. 904–914

Grömling, Dieter: Bauen für die Wissenschaft, in: Gruss, Peter et al. (Hg.): Fehling + Gogel, Berlin 2009

Grossmann, G. Ulrich: Die Ausgaben der „Architectura“ des Wendel Dietterlin, in: Anzeiger des Germanischen Nationalmuseums, Nürnberg 1997

Günther, Hubertus: Les ouvrages d'architecture publiés par Walther Hermann Ryff à Nuremberg en 1547 et 1548, in: Sylvie Deswarte-Rosa (Hg.): Sebastiano Serlio à Lyon: architecture et imprimerie, Bd. 1, Lyon 2004

Haeckel, Ernst: Kunstformen der Natur, Leipzig 1899–1904

Hartmann, Martin/Sartor, Klaus: Primäre maligne Lymphome des Gehirns, in: Der Radiologe, Bd. 37, Heft 1 (1997) S. 42–50

Hartshorne, Charles/Weiss, Paul (Hg.): Collected Papers of Charles Sanders Peirce, Bd. I–VI, Cambridge 1931–1935

Hegel, Georg Wilhelm Friedrich: Vorlesungen über die Ästhetik, Bd. 1, Frankfurt am Main 1986

Heintz, Bettina/Huber, Jörg: Der verführerische Blick: Formen und Folgen wissenschaftlicher Visualisierungsstrategien, in: Dies. (Hg.): Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten, Wien 2001, S. 9–40

Heisenberg, Werner: Die Bedeutung des Schönen in der exakten Naturwissenschaft, in: Ders.: Schritte über Grenzen. Gesammelte Reden und Aufsätze, München 1971, S. 288–305

Hennemann, Gerhard: Der dänische Physiker Hans Christian Oersted und die Naturphilosophie der Romantik, in: Philosophia Naturalis 10 (1967)

Heßler, Martina/Mersch, Dieter: Bildlogik oder Was heißt visuelles Denken?, in: Dies. (Hg.): Logik des Bildlichen. Zur Kritik der ikonischen Vernunft, Bielefeld 2009, S. 8–62

Heßler, Martina: BilderWissen, in: Adelman, Ralf et al.: Datenbilder. Zur digitalen Bildpraxis in den Naturwissenschaften, Bielefeld 2009, S. 133–161

Heßler, Martina: Visualisierungen in der Wissenskommunikation, Aachen 2004

Hogarth, William: Analyse der Schönheit (übers. von Jörg Heiningen), Dresden/Basel 2010

Houser, Nathan: „The Fortunes and Misfortunes of the Peirce Papers“, in: Balat, Michel/Deledalle-Rhodes, Janice/Deledalle, Gérard (Hg.): Signs of Humanity, Bd. 3, Berlin 1992, S. 1259–1268

Howe, Susan: Pierce Arrow, New York 1999

Jachmann, Julian: Die Architekturbücher des Walter Hermann Ryff. Vitruvrezeption im Kontext mathematischer Wissenschaften, Stuttgart 2006

Jönsson, Claus: Elektroneninterferenzen an mehreren künstlich hergestellten Feinspalten, Zeitschrift für Physik 161 (1961), S. 454–474

Jönsson, Claus: Electron diffraction at multiple slits, in: American Journal of Physics 42 (1974), S. 4–11

Jormakka, Kari: Die Architektur der erweiterten Situation, in: Delugan Meissl Associated Architects et al.: Porsche-Museum, Wien/New York 2010

Joyce, Kelly A.: From Numbers to Pictures: The Development of Magnetic Resonance Imaging and the Visual Turn in Medicine, in: Science as Culture, Bd. 15, Nr. 1 (2006), S. 1–22

Jung, Reinhard: Das Megaron – ein Analogie(kurz)schluss der ägäischen Archäologie, in: Gramsch, Alexander (Hg.): Vergleichen als archäologische Methode. Analogien in den Archäologien; mit Beiträgen einer Tagung der Arbeitsgemeinschaft Theorie (T-AG) und einer kommentierten Bibliographie, Oxford 2000

Kaufmann, G. W. et al.: Radiologie, München ³ 2006

Keeler, Mary/Kloesel, Christian: Communication, Semiotic Continuity, and the Margins of the Peircean Text, in: Greetham, D.C. (Hg.): The margins of the text, Ann Arbor 1997, S. 269–322

Kepler, Johannes: Harmonice Mundi (1619), in: Max Caspar (Hg.): Gesammelte Werke, Bd. 6, München 1940

Kernan, William Fergus: The Peirce Manuscripts and Josiah Royce. A Memoir Harvard 1915–1916, in: Transactions of the Charles S. Peirce Society, I/2 (1965), S. 90–95

Ketner, Kenneth Laine/Hardwick, Charles S./Kloesel, Christian J. W./Ransdell, Joseph M./Fisch, Max H.: Charles Sanders Peirce: Complete Published Works, Including Selected Secondary Materials, Microfiche-Edition, Greenwich 1977

Kiekebusch, Albert: Die Ausgrabung eines bronzezeitlichen Dorfes bei Buch in der Nähe von Berlin, in: Prähistorische Zeitschrift 2 (1910)

Kiekebusch, Albert: Die Ausstellung der Bucher Funde im Märkischen Museum zu Berlin (April bis Oktober 1914) und neue Beobachtungen in vorgeschichtlichen Wohnstätten, in: Korrespondenz-Blatt der Deutschen Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte 45 (1914)

Kiekebusch, Albert: Die Ausgrabung des bronzezeitlichen Dorfes Buch bei Berlin, Berlin 1923

Kilger, Gerhard: Raumbildung und Publikumserwartung, in: Ders. (Hg.): Szenografie in Ausstellungen und Museen V. Raum und Wahrnehmung – Bewegte Räume, Essen 2011

Koch, J.-A. et al.: Bestimmung links- und rechtsventrikulärer Volumenejektionsfraktionen (VEF) mittels MRT bei 1,0 T. Vergleich von manueller und semiautomatischer Endokarddetektion, in: Der Radiologe, 40/2 (2000), S. 136–142

Kockel, Valentin: Plaster models and plaster casts of classical architecture and its decoration, in: Rune Frederiksen, Eckhart Marchand (Hg.): Plaster casts: making, collecting and displaying from classical antiquity to the present, Transformationen der Antike, 18, Berlin/New York 2010

Kockel, Valentin: Rom über die Alpen tragen. Korkmodelle antiker Architektur im 18. und 19. Jahrhundert, in: Ders., Werner Helmlinger (Hg.): Rom über die Alpen tragen. Fürsten sammeln antike Architektur: Die Aschaffener Korkmodelle, Landshut/Ergolding 1993

Köstlin, Karl: Prolegomena zur Ästhetik, Tübingen 1889

Kopernikus, Nikolaus: De revolutionibus orbium coelestium, I, c. 10 (1543), in: Hans Günter Zekl (Hg.): Das neue Weltbild. Drei Texte, Hamburg 1990, S. 125–139

Krauthausen, Karin/Nasim, Omar W. (Hg.): Notieren, Skizzieren. Schreiben und Zeichnen als Verfahren des Entwurfs, Zürich 2010

Krieger, Verena: „at war with the obvious“ – Kulturen der Ambiguität. historische, psychologische und ästhetische Dimensionen des mehrdeutigen, in: Dies. et al. (Hg.): Ambiguität in der Kunst. Typen und Funktionen eines ästhetischen Paradigmas, Köln 2010, S. 13–49

Krohn, Wolfgang (Hg.): Ästhetik in der Wissenschaft – Interdisziplinärer Diskurs über das Gestalten und Darstellen von Wissen, Hamburg 2006

Leja, Michael: Peirce, Visuality, and Art, in: Representations 72 (2000), S. 97–122

Lenzen, Victor: Reminiscences of a Mission to Milford, Pennsylvania, in: Transactions of the Charles S. Peirce Society, I/ X (1965), S. 3–11

Magnani, Lorenzo: Reasoning through doing. Epistemic mediators in scientific discovery, in: Journal of Applied Logic, 2/4 (2004), S. 439–450

Mainzer, Klaus: Symmetrien der Natur. Ein Handbuch zur Natur- und Wissenschaftsphilosophie, Berlin 1988

Mainzer, Klaus: Symmetrie und Gottes Teilchen, in: Süddeutsche Zeitung, Nr. 162, 16. Juli 2012, S. 14–17

Mandioso, Jean-Marc: La classification des sciences et des arts à la Renaissance. Ange Politien, Panepistemon (L'Omniscient 1492), Diss., Paris 1998

McAllister, James W.: Beauty and Revolution in Science, Ithaca/London 1999

Medical Solutions, Siemens AG Erlangen, 33 (Dezember 2003), Folder zur TIM-Technologie

Menzel, Randolph: Ästhetik als Mittel der Erkenntnis, in: Horst Bredekamp, Matthias Bruhn, Gabriele Werner (Hg.): Ikonografie des Gehirns, Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik, Bd. 6,1, Berlin 2008, S. 12

Merleau-Ponty, Maurice: Phänomenologie der Wahrnehmung, Berlin 1966

Möllenstedt, Gottfried/Jönsson, Claus: Elektronen-Mehrfachinterferenzen an regelmäßig hergestellten Feinspalten, in: Zeitschrift für Physik 155 (1959), S. 472–474

Oersted, Hans Christian: Das Geistige in dem Körperlichen, in: Ders.: Der Geist in der Natur, Deutsch von K[arl] L[udwig] Kannegiesser, Leipzig 1850

Oersted, Hans Christian: Henrik Steffens, in: Ders.: Charaktere und Reden, Leipzig 1851

Oersted, Hans Christian: Neue Beiträge zum Geist in der Natur, nach der zweiten Original-Ausgabe aus dem Dänischen übersetzt von G. F. von Jenssen-Tusch, erster Theil, Kassel 1854

Oersted, Hans Christian: Ueber das „Unschöne“ in der Natur in seinem Verhältniß zur Schönheitsharmonie des Ganzen, in: Ders.: Neue Beiträge zu dem Geist in der Natur, Deutsch von Karl Ludwig Kannegiesser, Leipzig 1851

Olsson, Olle: Planung einer röntgendiagnostischen Abteilung, in: Der Radiologe, Bd. 10, Heft 5 (1970), S. 167–180

O'Malley, Charles Donald: *Andreas Vesalius of Brussels*, Berkley/Los Angeles 1964

Orland, Barbara: *Der Mensch entsteht im Bild. Postmoderne Visualisierungstechniken und Geburten*, in: *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik*, Bd. 1,1 (2003 „Bilder in Prozessen“), S. 21–32

Paál, Gábor: *Lyrik ist Logik – Gedichte aus der Wissenschaft*, Vechta 2009

Paál, Gábor: *Was ist schön? Ästhetik und Erkenntnis*, Würzburg 2003

Payne, Alina A.: *The Architectural Treatise in the Italian Renaissance. Architectural Invention, Ornament, and Literary Culture*, Cambridge 1999

Peirce, Charles Sanders: *The Charles S. Peirce Papers*, Mikrofilm-Edition, Cambridge 1966/1971

Peirce, Charles Sanders: *The New Elements of Mathematics by Charles S. Peirce*, Bd. III/1, in: Eisele, Carolyn (Hg.): *Mathematical Miscellanea*, Den Haag 1976

Peirce Edition Project (Hg.): *Writings of Charles S. Peirce. A Chronological Edition*, Indianapolis/Bloomington 1982ff.

Peirce Edition Project (Hg.): *The Essential Peirce*, Bd. 2, Indianapolis/Bloomington 1998

Peitgen, Heinz-Otto et al.: *Virtuelle Realität in der Radiologie. Zwischen Hoffnung und Dilemma*, in: *Der Radiologe*, Bd. 40, Heft 3 (2000), S. 203–210

Piper, Klaus (Hg.): *Lust am Denken*, München 1981

Platter, Felix: *Tagebuch (Lebensbeschreibung) 1536–1567*, Hg. von Valentin Lötscher, Basel/Stuttgart 1976

Pollak, Linda: *Constructed Grounds: Questions of Scale*, in: Waldheim, Charles (Hg.): *The Landscape Urbanism Reader*, New York 2006, S. 127

Reboiras, Fernando Domínguez et al. (Hg.): *Arbor scientiae. Der Baum des Wissens von Ramon Lull. Akten des Internationalen Kongresses aus Anlaß des 40-jährigen Jubiläums des Raimundus-Lullus-Instituts der Universität Freiburg i. Br. (Subsidia Lulliana; 1)*, Turnhout 2002

Reichle, Ingeborg/Siegel, Steffen/Spelten, Achim (Hg.): *Visuelle Modelle*, München 2008

Reisch, Gregor: *Margarita Philosophica*, Freiburg i. Br. 1503

Rheinberger, Hans-Jörg: *Epistemologica: Präparate*, in: Anke te Heesen, Petra Lutz (Hg.): *Dingwelten. Das Museum als Erkenntnisort*, Köln/Weimar/Wien 2005

Rieche, Anita: *Von Rom nach Las Vegas. Rekonstruktionen antiker römischer Architektur*, Berlin 2012

Robin, Richard S.: *Annotated Catalogue of the Papers of Charles S. Peirce*, Amherst 1967

Rosenkranz, Karl: *Aesthetik des Häßlichen*, Königsberg 1853

Saunders, Barry F.: *CT suite. The work of diagnosis in the age of noninvasive cutting*. Durham/London 2008

Scholtz, Gunter: *Zwischen Wissenschaftsanspruch und Orientierungsbedürfnis*, Frankfurt am Main 1991

Schuhmann, D. et al.: Computergestützte Diagnostik basierend auf computergestützter Bildanalyse und 3D-Visualisierungen, in: Der Radiologe, Bd. 38, Heft 10 (1998), S. 799–809

Schwan, Stephan/Trischler, Helmuth/Prenzel, Manfred: Die Rolle von Medien für die Resituierung von Exponaten. Mitteilungen und Berichte aus dem Institut für Museumsforschung, Bd. 38, Berlin 2006

Seilacher, Dolf: Fossil Art, An exhibition of the Geologisches Institut Tübingen University Germany, Tübingen 2008

Skagestad, Peter: Peirce's Inkstand as an External Embodiment of Mind, in: Transactions of the Charles S. Peirce Society 35(3) (1999), S. 551–561

Siegel, Steffen: Tabula. Figuren der Ordnung um 1600, Berlin 2009

Sigrist, Henry E.: Albanus Torinus and the German Edition of the Epitome of Vesalius, in: Bulletin of the History of Medicine, Bd. 14, No. 5 (1943)

Singer, Charles: The evolution of Anatomy, London 1925

Soemmerring, Samuel Thomas: „Icones embryonum humanorum“, Frankfurt am Main 1799, in: Ders.: Schriften zur Embryologie und Teratologie. Bearbeitet und herausgegeben von Ulrike Enke, Basel 2000, S. 171–173

Steinmann, Martin: Johannes Oporinus. Ein Basler Buchdrucker um die Mitte des 16. Jahrhunderts, Basler Beiträge zur Geschichtswissenschaft, Bd. 105, Basel 1967

Stolberg, Michael: Die Basler Universitätsanatomie in der frühen Neuzeit: http://www.unigeschichte.unibas.ch/cms/upload/Aufbrueche_Stagnationen/Downloads/Stolberg_Anatomie.pdf (Stand Nov. 2012)

Summers, David: Michelangelo and the Language of Art, Princeton 1981

Tauber, Alfred I. (Hg.): The elusive synthesis. Aesthetics and science, Dordrecht 1996

te Heesen, Anke: Theorien des Museums zur Einführung, Hamburg 2012

The Illustrated Bartsch, Bd. 20, New York 1982

Thiis-Evensen, Thomas: Archetypes in Architecture, Oslo/Oxford 1987

Thiemeyer, Thomas: Inszenierung und Szenografie. Auf den Spuren eines Grundbegriffs des Museums und seines Herausforderers, in: Zeitschrift für Volkskunde, 2 (2012)

Tietze-Conrat, Erica: Neglected contemporary sources, in: Art Bulletin XXV/2, Juni 1943

Topa, Alessandro: Die Genese der Peirce'schen Semiotik, Teil 1: Das Kategorienproblem (1857–1865), Wiesbaden 2007

University of Coimbra Faculty of Science and Technology Physics Museum (Hg.): Ingenuity and Art, A collection of Instruments of the Real Gabinete de Física, Coimbra/Lissabon 1997

Vasari, Giorgio: Le vite dei più eccellenti pittori, scultori e architetti, Ed. Giuntina 1568, Vita Tizians (elektronische Ausgabe des Centro di Ricerche Informatiche per i Beni Culturali Pisa, Bd. 6)

Vesalius, Andreas: De humani corporis fabricate, Basel 1543

Vieten-Kreuels, Susanne: Wendel Dietterlin, in: Hubertus Günther (Hg.): Deutsche Architekturtheorie zwischen Gotik und Renaissance, Darmstadt 1988

Villringer, Kersten et al.: Die Bedeutung der funktionellen Magnetresonanz (fMR) für die radiologische Diagnostik, in: Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren (RöFo), Bd. 173, Heft 2 (2001), S. 165–167

Vischer, Friedrich Theodor: Aesthetik oder Wissenschaft des Schönen. Zum Gebrauche für Vorlesungen, Bd. 2: Die Lehre vom Naturschönen, Reutlingen/Leipzig 1847

Vischer, Friedrich Theodor: Kritik meiner Aesthetik, in: Ders.: Kritische Gänge. Neue Folge, H. 5, Stuttgart 1866

Vischer, Friedrich Theodor: Über das Erhabene und Komische. Ein Beitrag zu der Philosophie des Schönen (1837), in: Ders.: Über das Erhabene und Komische und andere Texte zur Ästhetik, Frankfurt am Main 1967

Volkswagen-Stiftung (Hg.): Ansichten Einsichten Modelle, Bilder aus der Forschung, Hannover 1998

von Ardenne, Manfred: Tabellen der Elektronenphysik, Ionenphysik und Übermikroskopie, Bd. 1, Berlin 1956

von Humboldt, Alexander: Ideen zu einer Physiognomik der Gewächse, in: Ders.: Ansichten der Natur, Bd. 1, Tübingen 1808

von Randow, Gero: Unsichtbares sichtbar gemacht, Zu bildgebenden Verfahren in den Naturwissenschaften, in: Curiger, Bice/Heinrich, Christoph (Hg.): Hyper Mental, Wahnhafte Wirklichkeit 1950–2000 von Salvador Dali bis Jeff Koons, Ausstellungskatalog, Zürich 2000

Walther, Sigrid/Staupe, Gisela/Macho, Thomas: Was ist schön?, Dresden 2011

Wanzek, Burger: Die bronzezeitliche Siedlung in Berlin-Buch. Geschichte einer Ausgrabung und Ausstellung, Berliner Beiträge zur Vor- und Frühgeschichte Neue Folge, 10, Berlin 2001

Wechsler, Judith: On aesthetics in science, Boston/Basel ³1988

Wille, Holger: Was heißt Wissenschaftsästhetik? Zur Systematik einer imaginären Disziplin des Imaginären, Würzburg 2004

Wille, Holger: „Wissenschaft, Schönheit der“, in: Joachim Ritter et al. (Hg.): Historisches Wörterbuch der Philosophie, Bd. 12, Basel 2004, Sp. 952–954

Wolf, Georg: Mathematik und Malerei, Leipzig/Berlin ²1925

Wood, Beverly P.: Visual Expertise, in: Radiology, Bd. 211, Nr. 1, Berlin 1999, S. 1–3

Zimmer, Jürgen: Wendel Dietterlin (1550/51–1599). Architectura von Ausstheilung, Symmetria und Proportion der Fünff Seulen, in: Architekturtheorie von der Renaissance bis zur Gegenwart, Köln 2003

Zöllner, Rudolf: Deutsche Säulen-, Zierraten- und Schild-Bücher 1610–1680. Ein Beitrag zur Entwicklung des Knorpelwerkstils, Kiel 1959

ABBILDUNGSNACHWEIS

S. 6–7, 10–11, 23, 34–41, 48–54, 56–60, 62–66, 70–79, 94–95, 98–114, 122–125, 128–137, 147–149, 152–161, 168–175, 178–181, 186–191, 192–194, 198–199, 237: Valentin Marquardt Photography, Tübingen

S. 80–85, 115–116, 142–145, 150–151, 243: Eva–Maria Hamm, Kunsthistorisches Institut

S. 18: Ernst Seidl

S. 21, 182–185: Museum Kunst der Westküste

S. 26: Museum der Universität Tübingen

S. 27–28: Space4

S. 51, 137, 139: Wikimedia-Commons

S. 89, 91–93: Universitätsklinikum Tübingen, Radiologie

S. 44–45: Margret Hanf

S. 86, 88: Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme

S. 90: Max-Planck-Institut für Biologische Kybernetik

S. 118–119, 191: Wolfgang Gerber, Paläontologische Sammlung

S. 146: Fotosammlung der Klassischen Archäologie

S. 162, 164, 166: GeometrieWerkstatt

S. 165: Tomo.Yun (www.yunphoto.net/en/)

S. 181: BioLib.de

S. 208: Burger Rudacs Architekten

S. 210: Rainer Gollmer

S. 212: Description of the House and Museum of Sir John Soane, London 1833

S. 213: Salisbury & South Wiltshire Museum

S. 214–216: Provinzial–Museum Berlin

S. 220: Axel Christoph Grampp

S. 226–234: Benjamin Meyer-Krahmer

S. 245 Radiologie des Universitätsklinikums Tübingen (Tomogramme des Kopfes)

S. 246: Siemens AG

S. 249: BILD Bundesausgabe vom 10. 10. 2012, S. 24

S. 250: Aponti/Bübchen (Hg.), Margit Liebscher (Redaktion): Ihr Baby auf dem Weg ins Leben. Düsseldorf/München 1985, S. 27

S. 252: Samuel Thomas Soemmerring, „Icones embryonum humanorum“ (1799)

AUTORENVERZEICHNIS

Thomas Beck M. A., wissenschaftlicher Volontär am Museum der Universität Tübingen MUT und Doktorand der Freien Universität Berlin zum Thema „Naturphysiognomik im 19. Jahrhundert“

Christian Bornefeld, studentischer Mitarbeiter am Museum der Universität Tübingen MUT und Student der Kunstgeschichte und Neueren Geschichte

Maria Coors, studentische Mitarbeiterin am Museum der Universität Tübingen MUT und Studentin der Theologie, Geschichte und Judaistik

Frank Duerr M. A., wissenschaftlicher Mitarbeiter am Museum der Universität Tübingen MUT und Doktorand am Seminar für allgemeine Rhetorik mit dem Titel „Rhetorik als kulturelle Innovation“

Prof. Dr. Bernd Engler, Rektor der Eberhard Karls Universität Tübingen

PD Dr. Axel Christoph Gamp, Privatdozent und Lehrbeauftragter am Kunsthistorischen Institut der Universität Zürich

Dr. Daniel Grünkranz, Form Society architecture theory consulting, Luxemburg

Margret Hanf, Praktikantin am Museum der Universität Tübingen MUT und Studentin der Allgemeinen Rhetorik und Skandinavistik

PD Dr. Daniel Hornuff, akademischer Mitarbeiter für Kunstwissenschaft und Medientheorie an der Staatlichen Hochschule für Gestaltung, Karlsruhe

Prof. emer. Dr. Claus Jönsson, emeritierter Professor des Fachbereichs Physik der Universität Tübingen

Dr. Stefanie Klamm, Research Fellow am internationalen Kolleg für Kulturtechnikforschung und Medienphilosophie, Weimar

Dr. Benjamin Meyer-Krahmer, Graduiertenkolleg „Schriftbildlichkeit“ der Humboldt-Universität zu Berlin

Alexander Minx, Geschäftsführer bei SPACE4, Stuttgart

Sarah Sandfort M. A., promoviert am Institut für Geschichte über „Technische Bilder in der Medizin“ der Ruhr-Universität Bochum

Sigrid Schumacher, Mitarbeiterin des Museums der Universität Tübingen MUT, Schloss Hohentübingen

Prof. Dr. Ernst Seidl, Leiter des Museums der Universität Tübingen MUT

DANK

Sönmez Alemdar, Restaurator Klassische Archäologie
Dunja Al-kayid M. A.
Fred Arndt, Universitätsbund Tübingen e. V.
Prof. emer. Dr. Christian Bardele
Dipl.-Psych. Daniela Bauer, Leibniz-Institut für Wissensmedien
Dieter Bayer, Gulde Druck
AOR i. R. Dr. Gerhard Betsch, Fachbereich für Mathematik
Armin Biesinger, Technisches Betriebsamt Universitätsklinikum
Ayser Birinci-Aydogan, Medizinisch Technische Assistentin am Universitätsklinikum Tübingen
Gerlinde Bigga M.A., Ur- und Frühgeschichte und Archäologie des Mittelalters
Prof. em. Dr. Peter Bohley, Interfakultäres Institut für Biochemie, IFIB
David Carl
Sonja Cornelsen, Max-Planck-Institut für Biologische Kybernetik
Izabella Demirchyan, Campus TV
Cornelia Dilger-Endrulat, Herbarium Tubingense
Karina Dipold, Campus TV
Nicole Domka, Universitätsbibliothek
Silke Dutz M.A., Leibniz-Institut für Wissensmedien
Janna Eberhardt, Hochschulkommunikation der Universität Tübingen
Prof. Dr. Dr. Michael Eckert, Lehrstuhl für Fundamentaltheologie und Religionsphilosophie, Kath.-Theol. Fakultät
Prof. em. Dr. Dr. h. c. mult. Amand Fäßler, Institut für Theoretische Physik
Dr. Stefan R. M. Fennrich, Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie am Universitätsklinikum Tübingen
Claus Fehrenbacher, Zentrale Verwaltung
Brigitte Fiebig, Botanischer Garten
Johannes Fritsche, Stadtwerke Tübingen
Prof. Dr. Katharina Foerster, Institut für Evolution und Ökologie, Vergleichende Zoologie
Wolfgang Gerber, Fachbereich Geowissenschaften
Lucas Haberkorn, Museum Kunst der Westküste, Alkersum/Föhr
Eva-Maria Hamm, Kunsthistorisches Institut Tübingen
Dr. Volker Harms, Ethnologisches Institut
Oliver Häußler, Campus TV
Christina Häfele
Dipl.-Geol. Philipe Havlik, Paläontologische Sammlung
Prof. i. R. Dr. Frank Heidtmann, Humboldt-Universität zu Berlin
Dr. Rolf Hein, Pustefix
Gabriela von Hollen-Heindorff, Museum Kunst der Westküste, Alkersum/Föhr
Dr. Lynn Heller, GeometrieWerkstatt
Christian Hoyer M.A., Ur- und Frühgeschichte und Archäologie des Mittelalters
Hilla Holzhauer, Museum Kunst der Westküste
Dr. Angelika Honold, Institut für Evolution und Ökologie
Ph.D. M.F.A. Shawn Huelle, Englisches Seminar
Till Julian Huss
Dr. Lutz Ilisch, Islamische Numismatik
Dr. Gesa Ingendahl, Ludwig-Uhland-Institut für Empirische Kulturwissenschaften
Wilfried Kannenberg, Stadtwerke Tübingen
Gesa-Lina Kannenberg, Stadtwerke Tübingen
Antje Karbe, Hochschulkommunikation der Universität Tübingen
Dr. Lioba Keller-Drescher, Ludwig-Uhland-Institut für Empirische Kulturwissenschaft
Sarah Klocke, SPACE4
Sabrina Koch, Sekretariat Museum der Universität Tübingen
Christiane Karasch-Wittmann, Institut für Evolution und Ökologie
Cornelia Krause, Zentrum für Molekularbiologie der Pflanzen
Margot Krause, Universitätsbund Tübingen e. V.

Marcel Kühnemund
 Dr. Wilfried Lagler, Universitätsbibliothek
 Dr. Nicola Leibinger-Kammüller, Trumpf GmbH & Co KG
 Hans Luginsland, Präparator Paläontologische Sammlung
 Jens Maier, Maier Lighting
 Valentin Marquardt, valentin marquardt photography
 Prof. Dr. Gregor Markl, Institut für Geowissenschaften, Petrologie
 Ulrich Mattheus, Anatomisches Institut, Zelluläre Neurobiologie
 Dipl.-Ing. Stefan Maul, Internationale Rechnungslegung und Wirtschaftsprüfung
 Ulrike Mehringer, Universitätsbibliothek
 Marion und Karlheinz Miarka
 Dr. Anette Michels, Graphische Sammlung
 Alexander Minx, SPACE4
 Prof. Dr. Rainer Nagel, Fachbereich Mathematik
 Dr. Udo Neumann, Mineralogische Sammlung
 Mihnea Nicolescu, Anatomisches Institut, Zelluläre Neurobiologie
 Andreas Öffner M.A., Seminar für Mittelalterliche Geschichte
 Dipl.-Geogr. Gábor Paál, SWR/Baden-Baden
 Gabriella Parditka, Blended Library Projekt Universitätsbibliothek
 Prof. Dr. Franz Pedit, GeometrieWerkstatt
 Dr. Peter Pichler, Universität Graz
 Marit Planeta
 Dr. François Paquet-Durand, Institute for Ophthalmic Research
 Dr. Gertrud Pannier, Humboldt-Universität zu Berlin
 Fil. Mag. Hans Raab, Abteilung für Skandinavistik
 PD Dr. Alfons Renz
 Felix Roeder
 Prof. Dr. Martin Röcken, Hautklinik der Universität Tübingen
 Jürgen Rösinger, Präparator der Zoologischen Sammlung
 Prof. Dr. Klaus Scheffler, Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik
 Dr. Annette Paetz genannt Schieck, Deutsches Textilmuseum Krefeld
 Sabine Schloz M.A.
 Natalie Schmidt
 Dr. Lars Schneider, Mathematisches Institut der Universität Tübingen
 Thomas Schultz, Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme
 Prof. Dr. Anke Strölin, Hautklinik der Universität Tübingen
 László Matthias Simon, Vorderasiatische Archäologie
 Martina Terp M.A.
 Dr. Nelson Totah, Max-Planck-Institut für Biologische Kybernetik
 Erika Völter, Erika-Völter-Stiftung Tübingen
 Dr. Erich Weber, Zoologische Sammlung
 Dr. Niels Weidtmann, Forum Scientiarum
 Prof. Dr. Michael Weiß, AG Organismische Botanik/Universität Tübingen
 Prof. Dr. Hans Peter Wendel, Universitätsklinikum, Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie
 Margret Wertheim, Los Angeles
 Prof. Dr. Christof Windgätter, Berliner Technische Hochschule
 Jan Wöpping, Forschungsverbund Berlin
 Angelika Zamoryn, Universitätsbund Tübingen e. V.
 Almuth Zech, Klinisches Forschungslabor Thorax-, Herz und Gefäßchirurgie
 Dr. Kathrin Barbara Zimmer, Institut für Klassische Archäologie

FÖRDERER

Erika-Völter-Stiftung
Tübingen



Universitätsbund
Tübingen e. V.



BERTHOLD LEIBINGER
STIFTUNG

IMPRESSUM

Wie Schönes Wissen schafft.

(Schriften des Museums der Universität Tübingen MUT, hg. von B. Engler und E. Seidl, Band 3)

Diese Publikation erscheint anlässlich der gleichnamigen Ausstellung
im Schloss Hohentübingen (19. April bis 1. September 2013)

Das vorbereitende Symposium „Ästhetik der Forschung – Ornamente des Wissens“
und den Katalog zur Ausstellung „Wie Schönes Wissen schafft“ finanzierte freundlicherweise die Erika-
Völter-Stiftung Tübingen

Herausgeber

Ernst Seidl, Thomas Beck, Frank Duerr

Gestaltung

Frank Duerr, Thomas Beck

Schrift

Neo Sans Pro, Zwo OT, Calibri

Papier

LuxoArt Samt

Druck

Gulde Druck, Tübingen

© 2013 Die Autoren, die Fotografen

© 2013 Museum der Universität Tübingen MUT

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN



MUSEUM DER
UNIVERSITÄT
MUT

Museum der Universität Tübingen MUT
Wilhelmstraße 26
72074 Tübingen

www.unimuseum.de

ISBN: 973-3-9812736-6-3





SZ 10092



Diese Publikation erscheint anlässlich der gleichnamigen Ausstellung im Museum der Universität auf Schloss Hohentübingen.

Der Band soll dem Leser einen Eindruck vermitteln, wie sich die Wechselwirkung von Objektästhetik und wissenschaftlicher Erkenntnis manifestiert. Dabei wird gezeigt, welche Aspekte der Ästhetik sich in der wissenschaftlichen Arbeit niederschlagen und wie Formen der Natur ästhetisch gelesen wurden, welche Bedeutung diese Ästhetik im Kontext der Forschung einnimmt. Die Exponate, die

mehrheitlich aus den Sammlungen der Universität Tübingen stammen, verdeutlichen auch, wie bildgebende Verfahren die Forschung verändern oder auch, wie umgekehrt wissenschaftliche Erkenntnisse auf die Produktion von Kunst Einfluss nehmen können.

Höhepunkte der Ausstellung sind das schönste Experiment der Physikgeschichte, der erste urgeschichtliche Stammbaum nach Darwins Theorie und „The Föhr Reef“, ein riesiges gehäkeltes Korallenriff.

ISBN: 973-3-9812736-6-3

