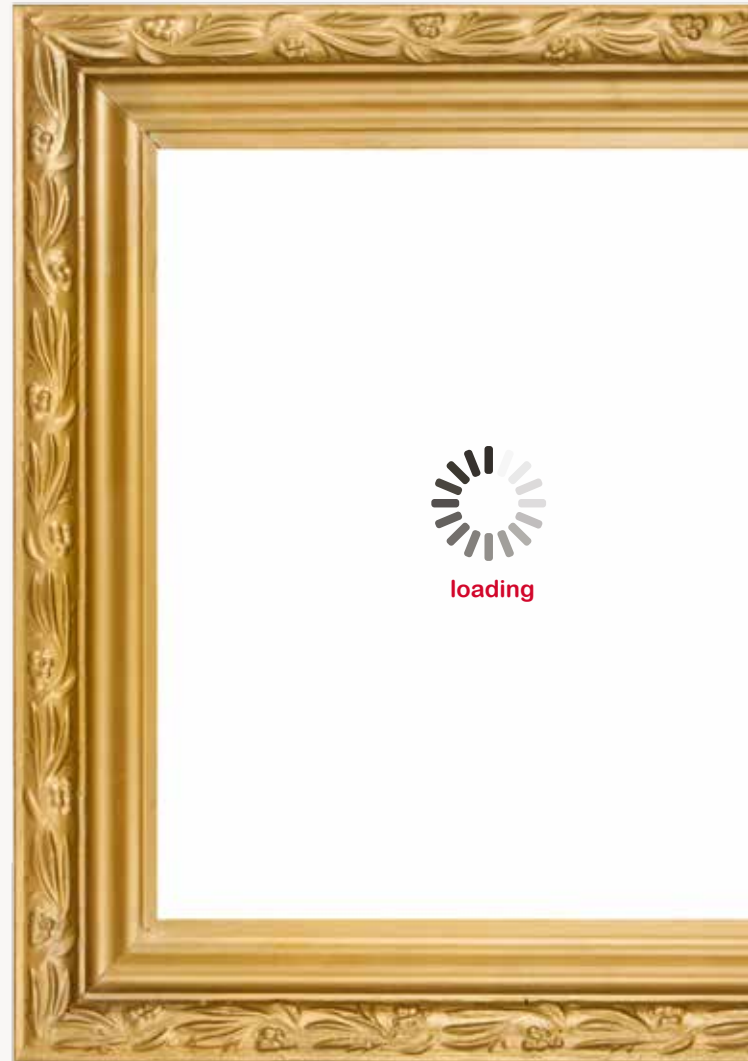




FORSCHUNGFRANKFURT

Das Wissenschaftsmagazin der Goethe-Universität

BILD und Bildlichkeit



[34. Jahrgang] [2017] [6 Euro] [ISSN 0175-0992]

2.2017

VIRTUAL REALITY-LABOR

Was ist Szenenwissen?

»UND ES IST DOCH EIN RAFFAEL«

Die Vielschichtigkeit des
Papst-Porträts im Städel Museum

GRAFIKEN FÜR DAS COVER

Künstlerische Interpretation hilft

WIEDERENTDECKUNG

Frobenius-Felsbildkopien
im Fokus der Wissenschaft

6 LIEBLINGSBILDER

6 »Aha-Erlebnisse«

VERBOTENE BILDER

Spagat zwischen Opferschutz
und Aufklärung

Das Team von Forschung Frankfurt
in neuer Besetzung: Anke Sauter (rechts)
hat die Nachfolge von Ulrike Jaspers angetreten.
Weitere Verstärkung erhalten Nina Ludwig
(links), Grafik, und Anne Hardy von Dirk Frank.





AUS DER REDAKTION



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

wir hatten uns die Recherche für diese Ausgabe von »Forschung Frankfurt« einfacher vorgestellt. Schließlich sagt »ein Bild mehr als tausend Worte«. Aber bald wurde uns klar: Oft braucht es auch tausend Worte, um ein Bild zu erklären. Das wurde besonders deutlich, als wir fünf Naturwissenschaftler baten, uns ihr Lieblingsbild zu schicken – eines, das für ihre Forschung sehr wichtig war, weil sie damit etwas entdeckt oder verstanden haben.

Bilder in der Wissenschaft sind so facettenreich wie die Wissenschaft selbst. Sie haben sehr unterschiedliche Entstehungsweisen und Funktionen, und sie können auch selbst zum Gegenstand der Forschung werden. Hier einige Beispiele:

Die Mathematiker entwickeln ihre Beweise weiterhin an der Tafel. Sie brauchen das Tempo des langsamen Schreibens mit Kreide, um Fehler zu vermeiden. Physiker greifen gern zu Papier und Bleistift, um einen Sachverhalt zu erklären. Eine Skizze, gezeichnet von Prof. Harald Appelshäuser während unseres Gesprächs über den neuen Detektor des ALICE Experiments, finden Sie auf Seite 77.

In den Lebenswissenschaften entstehen viele Bilder dank immer neuer Mikroskopie-Techniken. Wie diese sich im Laufe eines Forscherlebens entwickelt haben, hat uns Prof. Jürgen Bereiter-Hahn erzählt, einer der Gründer der beiden Mikroskopie-Zentren für Licht- und Elektronenmikroskopie an der Goethe-Universität. Schließlich sind bildgebende Verfahren auch ein wesentlicher Bestandteil der medizinischen Diagnostik. Wir präsentieren einige Highlights aus Hirnforschung, Kardiologie und Gastroenterologie.

Bilder sind aber nicht nur primäre Erzeugnisse der Forschung. Seit der Aufklärung werden sie auch angefertigt, um große Datenmengen zu visualisieren. Nur reichen Balken- oder Tortendiagramme heute längst nicht mehr aus, um komplexe Zusammenhänge darzustellen. So erklärt Dr. Christian Münch, wie man Proteinwechselwirkungen in Gemischen mithilfe der Bioinformatik analysiert und optisch darstellt.

Als Gegenstand der Forschung spielen Bilder in verschiedenen Disziplinen eine Rolle. Die angeblich so bilderfeindliche Rechtswissenschaft ist mit gleich zwei Beiträgen vertreten: Über den Umgang mit kinderpornografischen Bildern vor Gericht schreiben Prof. Matthias Jahn und Dr. Dominik Brodowski, und Prof. Michael Stolleis befasst sich mit Sprachbildern in der Rechtssprache.

In einem Heft über Bilder darf schließlich auch die Kunst nicht fehlen: Welcher Schatz jahrelang unbeachtet in den Archiven des Frobenius-Instituts an der Goethe-Universität schlummerte, verdeutlicht der Beitrag über die Felsbildkopien von Sabine Graichen. Und unser Autor Dr. Bernd Frye unterhält sich mit dem Kunsthistoriker Prof. Jochen Sander über die prägende Kraft des Bildnisses von Papst Julius II. Dass es in der Vergangenheit auch einen regelrechten Kampf ums Bildnis gab, das verdeutlicht die Religionswissenschaftlerin Prof. Catherina Wenzel in ihrem Beitrag.

Wir hoffen, dass Sie die Lektüre ebenso abwechslungs- und lehrreich finden wie wir die Recherche zu diesem Heft.

Ihre

Dr. Anne Hardy, Dr. Anke Sauter und Dr. Dirk Frank
Redaktion Forschung Frankfurt

INHALT



20

RÄUME IM KOPF

Wenn wir an die Alpen denken, an Afrika oder Australien, haben wir bestimmte Bilder im Kopf. Nicht von ungefähr: Wir sind geprägt durch Illustrationen in Schulbüchern und Medien. Dazu forscht Geographie-Didaktikerin Antje Schlottmann.



27

MIT GESTYLTEN GRAFIKEN AUF DAS COVER

So wie Eltern ihre Sprösslinge schön finden, schwärmen Forscher Mike Heilemann und Ivan Dikic von den Bildern ihrer fluoreszierenden Bakterien. Um es damit auf den Titel einer Fachzeitschrift zu schaffen, haben sie extra eine Illustratorin engagiert.



56

VERGESSENE ANSICHTEN AUS DER PRÄHISTORIE

Lange Zeit lagen sie in einer Art Dornröschenschlaf, inzwischen stehen die Felsbildkopien des Frobenius-Instituts im Fokus gleich mehrerer Disziplinen. Kunstvoll abgezeichnet, erzählen sie nicht nur Geschichten aus grauer Vorzeit.

WAS BILDER BEWIRKEN

- 4** Das Gesicht – ein Abbild der Persönlichkeit?
Inwiefern steht das Antlitz des Menschen für seine Identität?
Anke Sauter
- 10** Virtual Reality in der Kognitionspsychologie
Szenenwissen macht die Verarbeitung von Seheindrücken effizienter
Jessica Klapp
- 16** Bilder im Recht – Recht im Bild
Vom »iconic turn« im Juristischen und der Bildlichkeit der Rechtssprache
Michael Stolleis
- 20** Bild Macht Raum!
Jedes Bild kann geographisch sein, der Umgang damit muss gelernt werden
Antje Schlottmann

BILDER AUS DER ZELLE

- 27** Mit gestylnen Grafiken auf das Cover
Oft überzeugt eine künstlerische Interpretation mehr als das reale Bild
Kerstin Koch
- 32** »Ästhetisch ist, was hilft«
Volker Dötsch und Michaela Müller-McNicoll über Bilder aus der Zelle
Interview von Anne Hardy und Dirk Frank
- 38** Durchblicke im Rückblick
Jürgen Bereiter-Hahn über 40 Jahre Erfahrung mit Lichtmikroskopie
Interview von Anne Hardy
- 42** Hightech-Mikroskopie für alle
Die Frankfurt Centers for Advanced Light and Electron Microscopy
Anne Hardy

BILDER ERZÄHLEN GESCHICHTE(N)

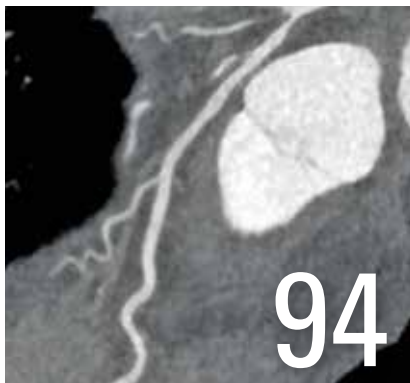
- 45** Bilderhorizonte
Formierung der Vergangenheitsvorstellungen durch Bilder
Rolf Wiggershaus
- 50** »Ach, Sie sind also mein Raffael!«
Ein Gespräch mit dem Kunsthistoriker Jochen Sander über das stilbildende Porträt Papst Julius' II.
Bernd Frye
- 56** Vorgeschichtliche Bilder schreiben (Kunst-)Geschichte
Nach Jahren im Archiv sind die Felsbilder des Frobenius-Instituts im Fokus mehrerer Disziplinen
Sabine Graichen
- 62** Können auch Bilder erzählen?
Visualität und Narrativität im Comic
Bernd Dolle-Weinkauff im Interview mit Dirk Frank



75

TEILCHENSPUREN UND ERSTE SEKUNDEN NACH DEM URKNALL

Wie vielfarbige Explosionen sehen die Bilder von Teilchenspuren beim ALICE-Experiment aus. Rund 1400 Forscher braucht es, um mit aufwendigen statistischen Analysen die Physik dahinter zu verstehen. Die kommt zum Schluss in schlichten Diagrammen daher.



94

TIEFER BLICK INS HERZ

CT und MRT sind in der Kardiologie relativ neu. Ihr großer Vorteil: Sie liefern aussagekräftige Bilder ohne Eingriff in den Körper – und das in hoher Auflösung. Bei vielen Herzerkrankungen gibt das oftmals den entscheidenden diagnostischen Hinweis.



106

ANBETEN ODER ZERSTÖREN?

»Du sollst Dir kein Gottesbildnis machen«: So steht es in den Zehn Geboten. Wie die monotheistischen Religionen mit diesem Bilderverbot umgegangen sind, darüber schreibt die Religionswissenschaftlerin Catherina Wenzel.

68 Nicht nur ästhetisch wertvoll Pflanzenbilder und ihre wissenschaftliche Nutzung

Georg Zizka, Stefan Dressler
und Julio Schneider

OHNE COMPUTER KEIN BILD

75 Sekunden nach dem Urknall Die Detektoren am CERN erobern Neuland

Anne Hardy

79 Abermillionen Rechenschritte In der medizinischen Bildgebung geht nichts ohne Mathematik

Bastian von Harrach

82 Vom Massenspektrum zum Interaktom Bioinformatik visualisiert komplexe zelluläre Netzwerke

Christian Münch

BILDER AUS DEM KÖRPER

89 Schonender Blick ins Gehirn Hightech-Verfahren am Brain Imaging Center

Andrea Gerber

94 Tief ins Herz geschaut Diagnostik macht Frühstadien von Krankheiten sichtbar

Anja Störko

98 Mit der Kamera durch die Verdauungsorgane Moderne Endoskopie kann die OP ersparen

Mireen Friedrich-Rust, Andrea Tal
und Jörg Bojunga

DAS UMSTRITTENE BILD

103 Verbotene Bilder Über den Umgang mit Kinder- pornografie in Strafverfahren

Matthias Jahn und Dominik Brodowski

106 Kampf ums Götterbildnis

Der unterschiedliche Umgang
der monotheistischen Religionen
mit Bildern im sakralen Raum
Catherina Wenzel

LIEBLINGSBILDER

25 Prof. Dr. Daniela Krause und Sonika Godavarthy

31 Dr. Sagar Bhogaraju

37 Junior-Professorin Dr. Inga Hänelt

49 Nina Ludwig

87 Dr. Kathi Zarnack

93 Prof. Martin Grininger, Florian Bourdeaux, Dominik Scheliu

112 Impressum / Abbildungsnachweis

113 Vorschau

WAS BILDER BEWIRKEN



Das Gesicht – ein Abbild der Persönlichkeit?

Visitenkarte der Individualität, Bühne unserer Emotionen
oder biometrische Erkennungsfläche:
Inwiefern steht das Antlitz des Menschen für seine Identität?

von Anke Sauter

Der Mensch besteht aus vielen Körperteilen, und doch ist es fast ausschließlich das Gesicht, an dem wir ein Individuum erkennen. Aber erkennen wir es wirklich? In Zeiten des Selfie-Kults und der biometrischen Verfahren ist diese Frage aktueller denn je. Wir leben in einer »fazialen« Gesellschaft: Das Gesicht ist Medium für alle erdenklichen Arten, sich mitzuteilen.

Das Bedürfnis nach Selbstdarstellung hat sich offenbar stark verändert. Früher scheuten Menschen eher die Kamera – aus Bescheidenheit oder aus dem Wunsch, bescheiden und zurückhaltend zu erscheinen. Heute mag das zumindest der jüngeren Generation irgendwie schrullig vorkommen. Das Posieren und Sich-Inszenieren gehört zum Alltag, an jeder Ecke sieht man Menschen, die in ihr Smartphone grinsen. Kein Wunder, dass das Oxford English Dictionary das Wort Selfie 2013 zum Wort des Jahres gekürt hat. Was steckt hinter diesem Trend? Geht es noch um ein Abbild der Persönlichkeit? Sind plötzlich nur noch Narzissten unterwegs? Oder handelt es sich vielmehr um ein Spiel? Wissenschaftler sagen: Wir leben in einer »fazialen« Gesellschaft, also in einer Gesellschaft, in der das »Gesichtliche« eine immer größere Rolle spielt, und auch die »Arbeit« daran. Die verschiedenen Lesarten des Gesichts sind nicht neu; es ist allerdings heute so omnipräsent, dass sich gleich mehrere Wissenschaftsdisziplinen damit beschäftigen.

»Doing Face« – eine Tagung zum »Gesichtlichen«

Im Jahr 2016 widmete das Forschungszentrum Historische Geisteswissenschaften der Goethe-Universität gemeinsam mit dem Zentrum

Literatur- und Kulturforschung Berlin dem Thema eine von der DFG geförderte Tagung – ihr Titel »Doing Face: Gesicht als Ereignis«. Eine der Organisatorinnen der Frankfurter Zusammenkunft war Prof. Susanne Scholz, Anglistin und Literaturwissenschaftlerin an der Goethe-Universität. Im Mittelpunkt der Vorträge und Diskussionen stand das Verhältnis von Gesicht und Identität. Beteiligt waren Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Kunstgeschichte, Medienwissenschaft, Literaturwissenschaft; aber auch Erkenntnisse aus Biologie und Psychologie spielten eine Rolle.

Seit jeher ist das Gesicht eine Art Visitenkarte des Menschen, es prägt den wichtigen ersten Eindruck, den eine Person vermittelt. Seine Individualität ist einzigartig, und es trägt mit zunehmendem Alter die Spuren unserer Lebensgeschichte und unserer Lebensweise. Nicht all diese Spuren sind willkommen, und so werden manche von ihnen gern wegmanipuliert. Kosmetik und Schönheits-Chirurgie sind florierende Branchen. Johann Caspar Lavaters (1741–1801) Empfehlung, durch ein moralisch einwandfreies Leben auf ein schönes Gesicht hinzuarbeiten, entspricht nicht dem Trend der Zeit. Aber nicht nur am Gesicht selbst wird manipuliert, sondern auch an seinem Abbild. Das ändert nichts daran, dass Menschen

1 Ist fasziniert von Gesichtern: Der deutsch-weißrussische Künstler Maxim Wakultschik porträtiert Menschen in seinen fotorealistischen Bildern – hier seine Porträt-Box »Sharon«.



2

2 Vermummung verboten: Demonstrieren ist erlaubt in Deutschland, aber man will wissen, mit wem man es zu tun hat. Dafür muss das Gesicht zu sehen sein, denn am Gesicht ist der Mensch erkennbar.

3 Gesichtserkennung spielt schon lange eine Rolle in der Kriminalistik. Die Aufnahmen des 23-jährigen Frank Sinatra entstanden, als er 1938 wegen eines nicht eingelösten Eheversprechens verhaftet wurde.

Gesicht und Identität gleichsetzen – sowohl beim Original als auch bei der Abbildung. Ist das legitim?

Die zweite Ebene des Gesichts ist der Ausdruck: So gleicht es einer Bühne, auf der sich unsere Emotionen und Verfasstheiten abspielen, auf der wir diese inszenieren, vortäuschen oder kaschieren können. Die Mimik ist eine Art Software, die sich mithilfe der Muskulatur auf der Hardware der biologischen Gegebenheiten abspielt. Ob das Minenspiel echt ist und Aufschluss über unser Innenleben gibt oder tatsächlich nur ein Spiel, lässt sich nicht ohne Weiteres erkennen. Das qualifiziert die Mimik zu einem wesentlichen Akteur in der modernen Schauspielkunst. Die Diskrepanz zwischen dem Wunsch, Gesichter eindeutig lesen zu können, und den zahlreichen Möglichkeiten der Manipulation steht im Fokus unterschiedlicher Forschungsprojekte.

Das mediale Gesicht

Ab welchem Zeitpunkt ist sich der Mensch der herausragenden Bedeutung seines Gesichts, jener »kleinen Oberfläche vorne am Kopf« (Scholz), bewusst geworden? Eine Antwort auf diese Frage wäre spekulativ. Anhaltspunkte finden sich zum Beispiel in der Ethnologie und Kunstgeschichte und schließlich in der Literatur.

Die Inszenierung des Selbst im Porträt ist jedenfalls kein neues Phänomen. Schon seit Jahrtausenden haben Menschen das Bedürfnis, sich gemalt in Szene zu setzen. Der Drang des Menschen, sich selbst darzustellen, ist bereits für die Steinzeit belegt: Schon frühe Felsbilder weisen neben Tier- auch Menschendarstellungen auf (siehe S.56, Sabine Graichen, »Vorgeschichtliche Bilder schreiben Kunstgeschichte«). Aus dieser Zeit sind allerdings keine individuellen Porträts überliefert. Realitätsnahe Abbildungen von Personen kennen wir erst aus der Antike. Sie wurden zu unterschiedlichen Zwecken angefertigt – etwa zur Erinnerung an



3

berühmte Persönlichkeiten. Danach wurde die individualisierende Darstellung erst wieder im ausgehenden Mittelalter relevant.

Seit der frühen Neuzeit stellt sich die Kunst explizit dem Anspruch, die Ähnlichkeiten mit dem Abgebildeten herauszuarbeiten. Porträtiert wurden in dieser Zeit vor allem Fürsten, Adelige und Kleriker, später auch Kaufleute, Gelehrte und Künstler. Bald ging es bei den Porträts auch um Informationen über seelische Befindlichkeiten, moralische Einstellungen und Haltungen. Der Maler müsse im Porträt stets die Würde und Größe des Menschen herausarbeiten, die Unvollkommenheit der Natur unterdrücken, so formulierte es der italienische Künstler Giovanni Paolo Lomazzo (1538–1600).

Absichtsvolle Selbstdarstellung

Schon in früheren Zeiten wurden Porträts für einen ganz bestimmten Zweck in Auftrag gegeben, nämlich die Vermarktung der eigenen Person. Zum Beispiel zur Brautschau: So ließ sich etwa der englische Adelige Simon George of Cornwall von Hans Holbein dem Jüngeren in Öl malen, in der Hand eine rote Nelke als Zeichen seiner Heiratsabsichten. Interessant auch die Genese dieses Bildes, das im Frankfurter Städel zu sehen ist: Mithilfe von Infrarot-Reflektografie, die darunterliegende Farbschichten zum Vorschein bringt, sei erkennbar, dass die Barttracht des jungen Mannes durch Holbein mehrmals korrigiert werden musste, erläutert Prof. Jochen Sander, Kunsthistoriker an der Goethe-Universität und stellvertretender Direktor am Städel. Es dauerte wohl etwas, bis der Abgebildete sein Konterfei für gut befand, um einer Frau zu gefallen. Eine Parallele zu den heute in Internet-Foren geposteten Fotografien: Auch diese werden oft technisch aufgehübscht, um entsprechende Wirkung bei den Betrachtern zu erzielen.

»Gesicht = Identität« und seine Folgen

Wie sehr der Mensch in seinem Gesicht erkennbar ist, diese Frage spielte im 19. Jahrhundert eine besonders große Rolle. Durch die Industrialisierung und die damit einhergehende Abwanderung vom Land in die Stadt waren viele Menschen verunsichert, Begegnungen mit anderen Menschen verängstigten sie. »Man muss sich

das so vorstellen: In manchen Stadtteilen wie im Londoner East End drängten sich die Menschen, es gab viele Migranten aus anderen Ländern. Da lag es nahe, nach einer allgemeingültigen Klassifikation zu suchen«, sagt Professorin Scholz. Fortan sollten physiognomische Handbücher Orientierung bieten, wenn es darum ging, mit wem man es zu tun hatte.

Die Anglistin untersucht die englischsprachige Literatur des 19. und frühen 20. Jahrhunderts unter dem Aspekt, wie Gesichter dargestellt werden. Dabei spielen die Zuschreibungen, die in jener Zeit kursierten und zum Teil stark rassistische, ausgrenzende Züge aufwiesen, eine wichtige Rolle. »Die viktorianische Gesellschaft hat sich sehr an diesen Klassifikationen orientiert«, sagt Scholz. Ein breites Kinn

(Durchsetzungsstärke), angewachsene Ohrfläppchen (mangelnde Spontaneität) – noch heute

glauben Menschen daran, dass diese Eigenschaften Rückschlüsse auf den Charakter eines Menschen zulassen.

Literarische Texte aus jener Zeit stellen diesen Ansatz infrage. In Oscar Wildes Roman »Das Bildnis des Dorian Gray« erreicht die Titelfigur durch einen Pakt, dass das Bildnis statt ihrer die Spuren des Lebens trägt. Dorian Grays Gesicht blieb glatt und schön –

nach der Logik der Zeit musste er ein tadelloser Charakter sein. Doch der Leser weiß: Der vor Unmoral und Schlechtigkeit strotzende Lebenswandel verwandelt statt dem Original-Anlitz das auf dem Gemälde in eine Fratze. Und auch »Der seltsame Fall des Dr. Jekyll und Mr. Hyde« vom schottischen Autor Robert Louis Stevenson entzieht den Zuschreibungen der physiognomischen Bücher ihre Glaubwürdigkeit – handelt es sich doch bei den zwei Gesichtern um ein und dieselbe Person, die einmal als angesehener Arzt, dann aber als mordendes Monster in Erscheinung tritt.

Auch auf dem europäischen Festland dominierte im 19. Jahrhundert der Determinismus: Der italienische Kriminologe Cesare Lombroso entwickelt in seinem 1876 erstmals veröffentlichten Werk »L'Uomo delinquente« (dt. »Der Verbrecher in anthropologischer, ärztlicher und juristischer Beziehung«, 1887) seine Theorie vom »geborenen Verbrecher«, der sich an äußerlichen Merkmalen wie zusammengewachsenen Augenbrauen erkennen lasse. Die



4 Auf Liebespfaden begab sich der englische Adelige Simon George – und ließ sich dafür von Hans Holbein porträtieren. Das Gemälde wurde mehrmals verändert, bis der Auftraggeber mit seinem Konterfei zufrieden war.



5

5 In Oscar Wildes Roman »Das Bildnis des Dorian Gray« lässt sich der Protagonist malen, und sein Bildnis soll die Spuren seines zügellosen Lebens tragen anstelle seiner selbst. Hier das Cover einer französischsprachigen Ausgabe des Buches, das die Doppelgesichtigkeit des Protagonisten zeigt.

6 Ich fotografier mich, also bin ich: Zwei jungen Frauen war der Besuch des Sommerfestes auf dem Campus Westend mindestens ein Selfie wert.



6

nationalsozialistische Rassenlehre griff später auf diese Klassifizierungen zurück.

Die Anfänge der Biometrie

Wesentlich neutraler ging der Franzose Alphonse Bertillon (1853–1914) zu Werke, der ein anthropometrisches System zur Personenidentifizierung aufstellte, das später als »Bertillonage« bekannt war und in vielen Ländern eingesetzt wurde. Bertillon hatte festgestellt, dass die Identifizierung mit steigender Zahl der Körpermaße genauer wurde. Unter den elf Körpermaßen, die er für ausreichend zur Identifizierung eines Täters hielt, waren auch Kopflänge, Kopfbreite, die Länge und Breite des rechten Ohres. Doch diese Systematik stieß bald an ihre Grenzen, und kurz nach Bertillons Tod löste auch in Frankreich die Erfassung des Fingerabdrucks die Körpermaße ab. Bis heute im kriminalpolizeilichen Erkennungsdienst erhalten geblieben sind aber die Porträt- und Profilaufnahmen nach einer Verhaftung (mug shot), die auf Bertillon zurückgehen.

Im Zeitalter der Digitalisierung kommen die Maße des Gesichts in der Kriminalistik zu neuen Ehren. Längst haben sie einen vergleichbaren Aussagewert wie der Fingerabdruck – insofern ist Bertillon durch die

Entwicklung der Technik rehabilitiert. Die Individualität des menschlichen Gesichts wird zur automatisierten Erkennung von Personen genutzt. An das biometrische Passbild haben wir uns inzwischen gewöhnt. Für Diskussionsstoff sorgt jedoch die Kamera im öffentlichen Raum, mit deren Hilfe polizeilich gesuchte Männer und Frauen aufgrund ihrer biometrischen Daten in der Menschenmenge identifiziert werden sollen. Das Vermummungsverbot basiert letztlich auf der Gleichsetzung von Gesicht und Identität. Ähnlich begründet ist das Verbot von Gesichtverschleierung, das zum 1. Oktober 2017 in Österreich in Kraft getreten ist.

Aber auch der Determinismus lebt fort: So gibt es in den USA eine Forschungsrichtung, die anhand der Gesichtsmuskulatur herausfinden will, ob ein Mensch lügt. Die breite Masse wurde mit dieser Richtung konfrontiert durch die Fernsehserie »Lie to me«, in der der Wissenschaftler Dr. Cal Lightman derartige Untersuchungen durchführt. Die Serie, die in den USA 2011 eingestellt wurde, lief auch im deutschen Fernsehen.

Was der Selfie-Wahn über uns aussagt

Sie sind aus dem öffentlichen Raum kaum noch wegzudenken: Menschen, die sich allein oder in

Kleingruppen mit dem Handy fotografieren. Zum Teil verwenden sie dafür eine Teleskopstange als Armverlängerung, denn es soll auch das Drumherum festgehalten werden. Die Aussage dieser Fotos ist beschränkt: »Ich in Frankfurt«, »Ich beim Skifahren«, »Ich im Flugzeug« usw. Das Gesicht ist oft vorher gepudert, das Outfit gestylt. Häufig werden Aufnahmen so lange bearbeitet, bis alle Pickel und Falten verschwunden sind. Diese möglichst perfekte Inszenierung wird dann ins Netz gestellt, auf dass möglichst viele sehen, wie toll ich aussehe, wo ich mich gerade befinde, was ich gerade Cooles mache.

Manipuliert waren übrigens auch schon die Porträts der Renaissance-Maler. Der Unterschied zwischen Damals und Heute besteht in der verfügbaren Technik: In der Renaissance war das Porträt ein Privileg bestimmter Schichten, während das einfache Volk schlicht nicht die Mittel hatte, sich in Öl malen oder in Stein meißeln zu lassen. Heutzutage besitzt fast jeder ein Smartphone und Zugang zum Internet – und damit die Chance, ein Bild von sich anzufertigen und im Handumdrehen zu verbreiten – sei es in sozialen Netzwerken wie Facebook, sei es in Partnerbörsen. Mit der technischen Machbarkeit wächst das Bedürfnis, sich in einer wie auch immer gearteten Öffentlichkeit selbst darzustellen.

»Ikonisierung des Selbst«

Das Gesicht dient beim Selfie vor allem der Identifikation der abgebildeten Person. Sie will auf möglichst vorteilhafte Weise erkennbar sein. Susanne Scholz spricht von einer »Ikonisierung des Selbst«. Fast ebenso wichtig für das Selfie sind die Umgebung oder die Gesellschaft, in der man sich befindet. Sie sollen das Selbst anreichern und in der Gesamtschau mit anderen Aufnahmen ein facettenreiches Bild vom Leben und der Persönlichkeit der Abgebildeten vermitteln.

»Die Aufmerksamkeit auf das Gesicht hat den Charakter einer Beschwörung, einer Beschwörung von Präsenz in unseren Zeiten, in denen sich eine Angst vor Adressenverlust breitmacht«, sagt der Soziologe Tilman Allert, emeritierter Professor an der Goethe-Universität. Ständig Selfies von sich zu verbreiten, sei insofern eine Art von Identitätsdemonstration, ganz nach dem olympischen Motto: »Dabei sein ist alles!«. Die Siegener Kulturwissenschaftlerin Prof. Natascha Adamowsky, die über das Thema »Selfies and Selves« arbeitet, nennt die Selbstinszenierung die »Währung unserer Gesellschaft«. Seitdem die Lebenswege nicht mehr vorgezeichnet seien, habe jedes Individuum die Freiheit, sich selbst immer wieder neu zu erfinden. Diese Freiheit wirke sich aber bei vielen auch als Zwang aus, das Streben

nach Sichtbarkeit kann auch etwas Verzweifeltes haben in dem dringenden Bedürfnis dazuzugehören. Insofern wächst der Hang zur Selbstdarstellung nicht nur mit der technischen Machbarkeit, sondern auch mit dem sozialen Druck. Das bestätigt auch eine psychologische Studie, die an der Universität Graz entstanden ist: Übertriebene Selbstdarstellung verweist zwar auf narzisstische Züge, diese sind aber mitnichten Ausdruck eines starken Selbstbewusstseins – im Gegenteil. Hinter der perfekten Inszenierung des eignen Gesichts steckt wohl mitunter die Angst davor, sein wahres Gesicht zu zeigen.

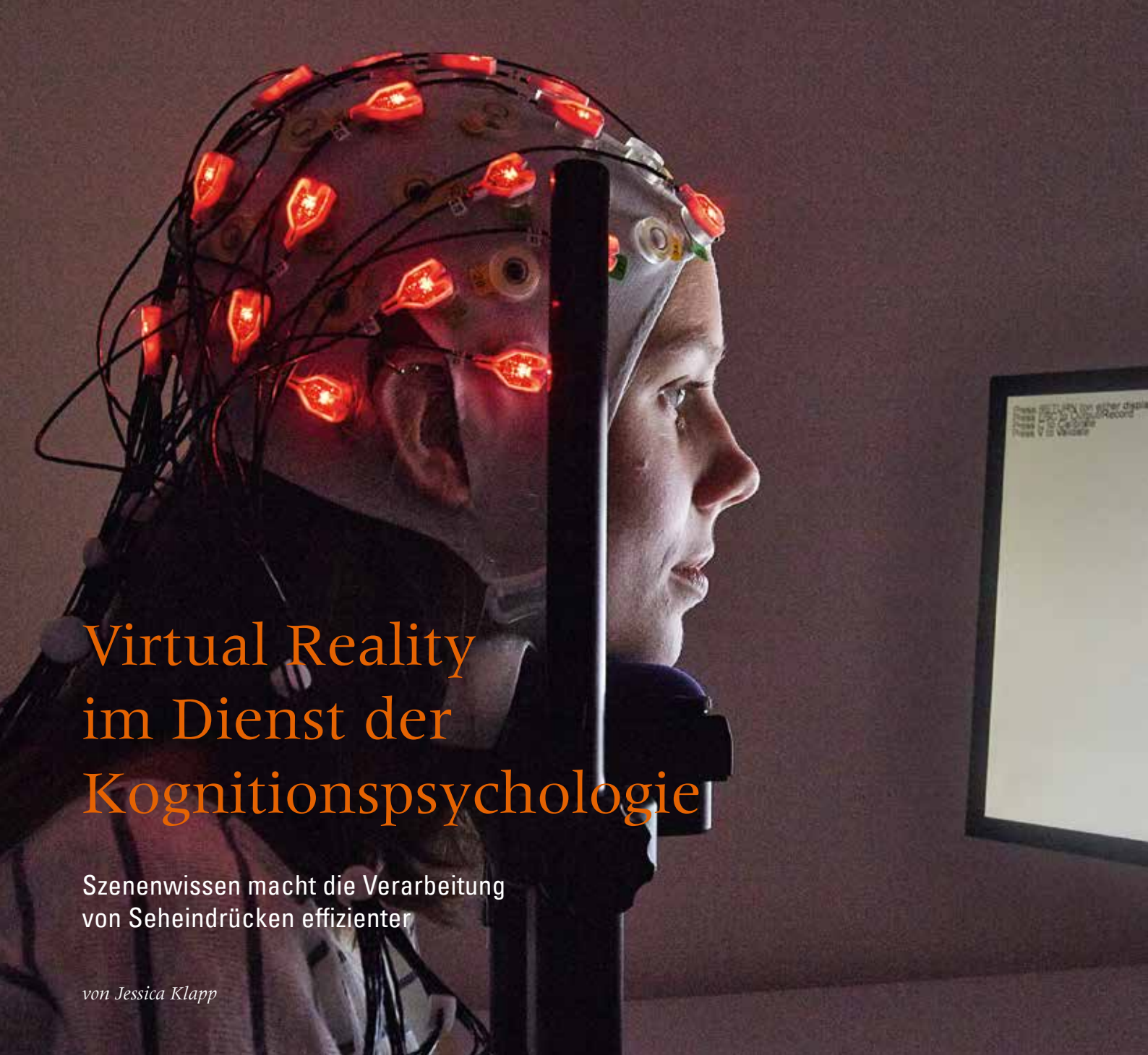
Ein mögliches Resümee: Das Dilemma, dass der Mensch das Gesicht einerseits als wichtiges Kommunikationsmedium wahrnimmt und braucht, es aber andererseits Gegenstand der Manipulation ist, sollte zu einer größeren Skepsis in der Wahrnehmung von Gesichtern führen. Nicht immer ist die Maske als solche zu verurteilen, aber sie zu ahnen oder zu erkennen, wäre oft hilfreich. Auf welches Gesicht ist grundsätzlich Verlass? Vielleicht auf das »Blitzer-Foto« beim Überschreiten des Tempolimits. ●



Die Autorin

Dr. Anke Sauter, 49, ist Referentin für Wissenschaftskommunikation in der Abteilung PR und Kommunikation der Goethe-Universität. Obwohl sie meint, dass ihr Gesicht recht individuell ausschaut, passiert es ihr häufig, dass sie als eine andere Person erkannt wird. Das Aussehen allein ist es also wohl doch nicht, was den Menschen identifizierbar macht.

sauter@pww.uni-frankfurt.de

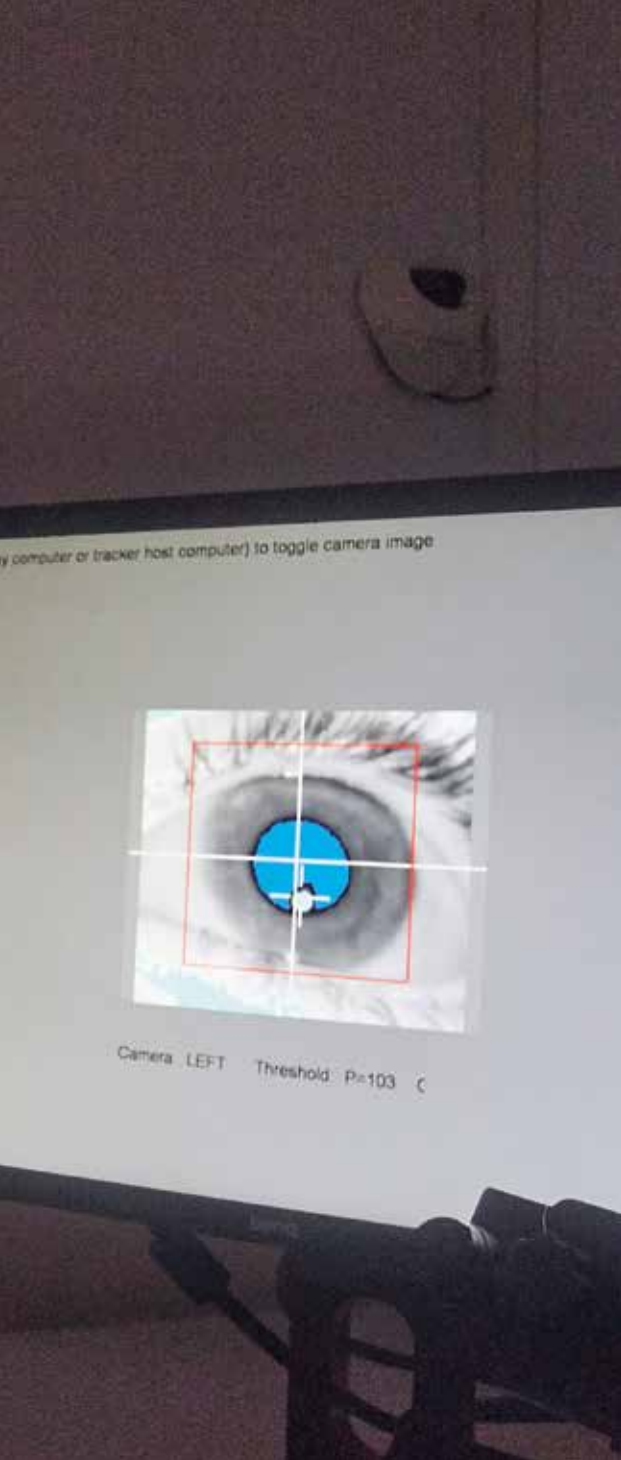


Virtual Reality im Dienst der Kognitionspsychologie

Szenenwissen macht die Verarbeitung
von Seheindrücken effizienter

von Jessica Klapp

Der Aufbau unserer Umwelt folgt bestimmten Regelmäßigkeiten, die für uns so selbstverständlich sind, dass wir ihrer kaum bewusst sind. Doch würden Sie die Milch unter dem Bett suchen oder das Kissen in der Badewanne? Wohl kaum. Die Psychologin Prof. Melissa Lê-Hoa Võ untersucht das erlernte Regelwerk, die Entwicklung von sogenanntem Szenenwissen, mithilfe psychophysischer Verfahren, Blickbewegungs- und Hirnpotenzialmessungen.



Die Sonne scheint, rund um die Piazza drängen sich Cafés, Gelaterias und Restaurants. Der Duft mediterranen Essens liegt förmlich in der Luft und der Klang italienischer Musik in den Ohren, als ich mich umsehe. Stutzig macht mich eine Mauer inmitten des Platzes, braune Kisten stehen davor auf dem Boden. Darüber – ich traue meinen Augen kaum – schweben Bälle. Mit einer schwungvollen Handbewegung befördere ich einen in Richtung Wand, die bei der Berührung mit dem Ball ein Loch bekommt.

Meine abenteuerlichen italienischen Momente werden jäh unterbrochen, indem ich die Brille, die ich trage, absetze. Der Ausflug in die virtuelle Realität ist beendet und ich finde mich in einem

Laborraum des Instituts für Psychologie an der Goethe-Universität wieder; das Wetter so gar nicht italienisch sonnig, die Atmosphäre freundlich, aber nüchtern.

Ich bin zu Gast im Wahrnehmungslabor von Melissa Lê-Hoa Vö, Professorin für Allgemeine Psychologie. Seit 2014 leitet die nun 36-jährige gebürtige Münchnerin eine eigene Forschungsgruppe an der Goethe-Universität. Von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Emmy Noether-Programms gefördert, beschäftigt sich ihr Projekt mit der Entwicklung und Nutzung von sogenanntem Szenenwissen. »Wenn wir einen bestimmten Gegenstand in einer Szene suchen, scheinen wir genaue Vorstellungen darüber entwickelt zu haben, welche Objekte wir wo suchen und finden müssen. Der Aufbau unserer Umwelt folgt bestimmten Regeln, die wir als Szenengrammatik oder Szenenwissen bezeichnen. So suchen wir die Milch selbst in einem fremden Haushalt im Kühlschrank in der Küche und nicht etwa im Schlafzimmer unter dem Bett«, erklärt Melissa Vö. Bei der Erforschung dieser natürlichen Szenen interessiert die Forscher insbesondere, wie wir unsere Umgebung wahrnehmen. Bei welchen Gegebenheiten merken wir besonders auf? Und an was würden wir uns später erinnern? Dabei laufen viele dieser kognitiven Prozesse wie Wahrnehmung, Aufmerksamkeit und Gedächtnis wie automatisiert ab – wir denken nicht darüber nach, wie wir uns in unserer Umgebung orientieren, Objekte finden und mit ihnen interagieren.

Bereits während ihrer Dissertation an der Ludwig-Maximilians-Universität München beschäftigte sich die Kognitionspsychologin mit der Tatsache, dass unser menschliches Gehirn Objekte ähnlich wie Wörter im Kontext verarbeitet. »Es gibt eindeutige Parallelen zwischen Sprachverarbeitung und der Verarbeitung von Objekten in Szenen. Deshalb haben wir uns an den Begriff der Grammatik aus der Sprachforschung gelehnt. Wir scheinen ein Vorwissen und Erwartungen darüber zu haben, wo Objekte in Szenen ihren Platz haben, ähnlich wie Wörter im Satz. Das hilft uns, unsere Aufmerksamkeit und Handlungen effizient zu steuern. Wir wissen beispielsweise, dass zwei Objekte sich nie am gleichen Ort befinden oder sich nicht schwebend im Raum bewegen. Wir wissen aber, dass wir Gabeln in der Nähe der Messer finden oder Bildschirme oberhalb von Tastaturen.«

Während sie zu Beginn ihrer Dissertation mit einfach strukturiertem Bildmaterial arbeitete, entwickelte Melissa Vö bald eigenes, komplexeres Material: »Das T unter Ls zu finden oder das rote Dreieck unter vielen roten Vierecken war mir zu weit von der Realität entfernt. So habe ich angefangen, Bildmaterial selbst zu generieren;

1 Wohin schaut die Probandin? Auf welche optischen Reize reagiert sie? Neueste Technik erfasst die Blickbewegungen der Probandin in höchster zeitlicher und räumlicher Auflösung und sendet sie an verschiedene Analysecomputer. Bildmaterial kann ad hoc auf dem Bildschirm verändert werden, je nachdem, wohin der Blick des Betrachters gerade schweift.



2 Im Scene Grammar Lab werden oft Bilder dargeboten, die Objekte in unerwarteten oder schier unmöglichen Positionen zeigen. Die Reaktionen der Probanden werden mittels Blickbewegungs- und Hirnpotentialmessungen erfasst. Sie sollen Aufschluss darüber geben, auf welchem Regelwerk an Erwartungen die Wahrnehmung unserer visuellen Umwelt basiert.

hochgradig kontrolliertes Material, das natürliche Szenen zeigt.« Denn Bilder spielen bei der Erforschung des Szenenwissens eine bedeutende Rolle. Einen Großteil der Arbeit steckt die Gruppe deshalb in die Herstellung von Bildmaterial und Manipulationen von Fotografien. Daraus ist die Datenbank *SCEGRAM* entstanden, die Informationen und Auftretenshäufigkeiten zu typischen Standorten von Objekten in Szenen erfasst und auch Wissenschaftlern aus anderen Bereichen zur Verfügung steht.

Auf visueller Suche

Dr. Dejan Draschkow, der schon seit 2012 mit Prof. Vö zusammenarbeitet, gibt mir erste Einblicke in das für die Forschung relevante Bildmaterial und begibt sich mit mir auf visuelle Suche. Für den Bruchteil einer Sekunde gewährt er mir einen Blick auf ein absichtlich verschwommen gehaltenes Bild. »Welchen Raum haben Sie gesehen?« Etwas unsicher vermute ich ein Bad. Tatsächlich liege ich richtig. Draschkow erklärt: »Probanden können im Bruchteil einer Sekunde erkennen, welchen Raum sie sehen. War es ein Badezimmer oder eine Küche? Und das, obwohl sie die einzelnen Objekte in dem Raum NICHT erkennen können. Dies zeigt, dass das Ganze mehr ist als nur die Summe seiner Teile. Deswegen untersuchen wir die Rolle vom Kontext auf unsere Wahrnehmung und Gedächtnisleistung.«

Visuelle Suche und auch die Suche nach Objekten in Szenen scheint also gesteuert zu sein durch Erwartungen. Diese Erwartungshaltungen helfen uns, effizient mit unserer Umwelt zu agieren, denn das Gedächtnis merkt sich ganz natürlich, was wo zu suchen ist. Um das noch einmal zu verdeutlichen, erscheint auf dem Bildschirm vor mir eine kurze Video-

sequenz, ebenfalls verschwommen. Ein Schreibtisch lässt sich erahnen. Als Dejan Draschkow nach und nach auflöst, welche Objekte zu sehen sind, bin ich überrascht. Zwar handelt es sich um eine Bürosituation, doch die Szene ist manipuliert: So liegt rechts neben der Tastatur, wo

KOGNITIONSPSYCHOLOGIE

Der Begriff »Kognition« kommt aus dem Lateinischen (»cognoscere«) und bedeutet »erkennen, wissen«.

Die kognitive Psychologie ist ein zentraler Bestandteil der Allgemeinen Psychologie und beschäftigt sich mit der Art und Weise, wie der Mensch Informationen aus seiner Umwelt wahrnimmt, wie diese Informationen verarbeitet und gespeichert werden und wie wir Informationen wieder abrufen. Dazu zählen höhere kognitive Prozesse wie

- Denken
- Aufmerksamkeit
- Lernen
- Gedächtnis
- Wahrnehmung
- und Sprache.

Um diesen Phänomenen auf die Spur zu kommen, nutzt die Kognitionspsychologie unterschiedliche Methoden. Dazu zählen bildgebende Verfahren der Medizin wie Computertomographie (CT) oder funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT), Messungen der Gehirnaktivität mit dem Elektroenzephalogramm (EEG) oder der Magnetenzephalographie (MEG) sowie Blickbewegungs- und Reaktionszeitmessungen.



ZUR PERSON

Prof. Dr. Melissa Lê-Hoa Võ, Jahrgang 1981, studierte Psychologie an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Nach ihrer Promotion im Rahmen des Exzellenzclusters »Cognition for Technical Systems« ging sie als Postdoktorandin zuerst an die Edinburgh University und dann fünf Jahre in die USA. Dort forschte sie im Visual Attention Lab der Harvard Medical School und am Brigham and Women's Hospital in Boston. 2014 erhielt die gebürtige Münchnerin mit Migrationshintergrund (Tochter einer amerikanischen Mutter und eines vietnamesischen Vaters) den Ruf an die Goethe-Universität Frankfurt und hat dort seitdem die Professur für Allgemeine Psychologie I inne. Ihre Forschung wird im Rahmen des Emmy Noether-Programms der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert. In Frankfurt hat sie ein Wahrnehmungslabor, das Scene Grammar Lab, aufgebaut und beschäftigt sich mit einer Vielzahl von Aspekten der visuellen Kognition, hauptsächlich mit visueller Aufmerksamkeit und Wahrnehmung sowie visuellem Gedächtnis während der Szenenwahrnehmung. Außerhalb des Labors verbringt Melissa Võ am liebsten Zeit in natürlichen Bergszenerien gemeinsam mit ihrem Mann und ihrer Tochter.

ich die Maus vermutet habe, ein Schraubenzieher. Das Telefon ist keines, sondern ein Schuh, mit dem telefoniert wird.

Melissa Võ fügt hinzu: »Am Ende einer visuellen Suche bitten wir unsere Probanden häufig darum, eine Szene noch einmal aufzuzeichnen oder die Objekte aufzuzählen – ein Überraschungs-Gedächtnistest. Das Resultat ist spannend, denn es spielt eine große Rolle, ob wir die Person vor dem Betrachten der Szene anweisen, sich Objekte zu merken, oder ob wir die Person – ohne das Wissen um den Test – einfach suchen lassen. Paradoxerweise ist die Gedächtnisleistung bei den Personen signifikant stärker, die die einzelnen Objekte gesucht und gefunden haben als bei den Personen, die sich explizit Objekte merken sollten. Dies bedeutet für uns, dass bei der visuellen Suche eine starke Auseinandersetzung mit der Szene stattfindet und sich Objekte besser einprägen.«

Aus dieser Erkenntnis entstand ein anwendungsbezogener Ansatz, der gerade älteren und demenzkranken Menschen bei Beeinträchtigungen der Gedächtnisleistung helfen soll. Die Hoffnung, so Võ, sei es, aus den in der Studie gewonnenen Ergebnissen Strategien zu entwickeln, die die Verbesserung der Gedächtnisleistung unterstützen.

Umwandlung der Bilder in elektrische Impulse

Das Betrachten manipulierter Bilder wie jenen mit schwebenden oder ausgetauschten Gegenständen erzeugt im Gehirn eine Veränderung der Hirmpotenziale. Diese Veränderung erfassen die Wissenschaftler unter anderem mithilfe des Elektroenzephalogramms, kurz EEG, ein in der kognitionspsychologischen Forschung häufig eingesetztes und unverzichtbares Verfahren. Metallelektroden, gleichmäßig auf der Kopfhaut

verteilt, messen die durch das Gehirn erzeugten elektrischen Potenziale an der Schädeloberfläche. Der Computer zeichnet sie auf. Bei den Auswertungen stellten die Forscher fest, dass sich dabei ähnlich wie beim Lesen oder Hören eines semantisch inkohärenten Satzes auch beim Betrachten eines manipulierten Bildes die sogenannte N400-Komponente ergibt.

»Während wir bei einem Satz wie »Kinder essen zum Frühstück Socken« nach circa 400 Millisekunden eine Reaktion im Gehirn messen können, geschieht dies auch bei manipulierten Bildern. Diese »Verletzungen« können semantischer, beispielsweise die Milch im Bad, oder syntaktischer Natur sein, wie etwa schwebende Schuhe«, erläutert Melissa Võ. Gemeinsam mit ihren Kollegen will sie herausfinden, ab welchem Alter wir Erwartungshaltungen haben und ob diese mit anderen kognitiven Fähigkeiten gekoppelt sind. Um noch genauere, störungsfreie Ergebnisse sowohl bei EEG- als auch bei Augenbewegungsmessungen zu erzielen, erfolgte erst vor Kurzem die Erweiterung des Labortrakts, unter anderem durch eine Messkabine. Etwas nackt sah sie während meines Besuches noch aus, aber sobald die Kabine mit den notwendigen Messgeräten vollständig ausgestattet ist, schirmt sie die Versuchspersonen zum einen vor elektromagnetischer Strahlung im Hochfrequenzbereich ab, zum anderen schützt sie vor akustisch und optisch störenden Umgebungseinflüssen.

Visualisierung der Blickbewegungen

Beim Rundgang durch die weiteren Laborräume klärt mich Dejan Draschkow über die verschiedenen Blickbewegungsgeräte auf. Die Technik des Eye-Tracking wird in der Bildwahrnehmung



3 Kombination zweier Technologien: Während das Elektroenzephalogramm (EEG) beim Betrachten manipulierter Bilder Veränderungen der Hirnpotenziale misst, zeichnet der Eye-Tracker die Blickbewegungen der Probandin auf. Gleich nebenan werden die Ergebnisse am Computer ausgewertet.

eingesetzt, um die Augenbewegungen von Menschen zu erfassen. »Wir messen, welche Teile eines Bildes vom Betrachter als interessant oder wichtig befunden werden, wie schnell der Blick auf bestimmte Objekte in Szenen fällt und wie lange der Blick dort verweilt.« Durch die enge Beziehung von Augenbewegung und kognitiven Prozessen ist das Eye-Tracking von großer Bedeutung. Die videobasierten Systeme, die die Forscher verwenden, erfassen die Augenbewegungen mithilfe einer Kamera. Sowohl kopfgetragene, brillenähnliche Systeme kommen zum Einsatz als auch Remote-Eye-Tracker, die sich mit einer Kamera und Infrarot-LEDs im Computermonitor befinden. Mit dem mobilen System können sich die Versuchspersonen aktiv im Raum bewegen, Gegenstände suchen und mit ihnen interagieren.

Auch das Virtual-Reality-Headset, das ich während meines Ausflugs nach Italien tragen durfte, gehört zum alltäglichen Equipment der Forschungsgruppe. Mit ihm wird über den Computer eine virtuelle 3-D-Welt simuliert, durch die sich der Proband bewegt. Draschkow macht deutlich, was im virtuellen Raum untersucht wird: »Mit simulierten Umgebungen wie der italienischen Piazza, die Sie eingangs erlebt haben, prüfen wir, ob die Ergebnisse, die wir auf zweidimensionalen Bildschirmen feststellen, auch in einer realitätsnahen, dreidimensionalen Umgebung valide sind. Wir wollen Gesetzmäßigkeiten verstehen, mit deren Hilfe wir unsere Umwelt aufbauen und mit den Objekten in ihr interagieren.«

Breites Forschungsfeld mit herausragenden Zukunftsperspektiven

Was Vö und ihre Kollegen antreibt, ist die Vielfältigkeit ihres Forschungsfeldes. »Wir kommen

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Szenenwissen beschäftigt sich mit unserer komplexen Umwelt. Deren Aufbau folgt bestimmten Gesetzmäßigkeiten, die wir anscheinend früh erlernen.
- Forschung zu Szenenwissen untersucht, inwiefern bestimmte Wissensstrukturen und Erwartungen an Objekte in Szenen es ermöglichen, unsere Aufmerksamkeit und Handlungen effizient zu steuern.
- Im Frankfurter Scene Grammar Lab werden die Zusammenhänge von visueller Suche, Blick- und Körperbewegungen sowie Hirnpotenzialen analysiert.
- Praktische Relevanz haben die Ergebnisse beispielsweise für Menschen mit Demenz oder Kinder mit Lernstörungen.

mit diversen wissenschaftlichen Disziplinen, aber auch Bereichen außerhalb der Wissenschaft in Kontakt«, sagt Melissa Vö. »Das Potenzial ist enorm und unsere Ergebnisse haben konkreten Nutzen.«

Die Erforschung von Szenenwissen speziell im Kindesalter ist eines der Felder, mit denen sich die Arbeitsgruppe sehr intensiv auseinandersetzt. Ziel des Projekts *SCESAM*, das mit der Unterstützung von IDEa – einem interdisziplinären Forschungszentrum – initiiert wurde, ist es, eventuelle kognitive Defizite wie eine Leserechtschreib-Schwäche frühzeitig zu erkennen



und zu behandeln. Mit einem mobilen Forschungslabor finden die Studien direkt vor der Kita statt: »Ab wann und wie erwerben Kinder eine Szenengrammatik? Um das herauszufinden, zeigen wir den Kindern Bilder und zeichnen ihre Blickbewegungen auf. So arbeiten wir beispielsweise mit »ungrammatischen« Bildern, auf denen etwa der Schuh anstelle eines Topfes auf dem Herd steht, und beobachten die Reaktionen mithilfe einer Eye-Tracking-Kamera. Verhält sich eines unter vielen Kindern anders, interessiert uns, ob ein Zusammenhang zur sprachlichen Entwicklung und dem Aufmerksamkeitsverhalten besteht.«

Auch Bereiche wie die Medizin ziehen Nutzen aus den Ergebnissen. »Wir haben die Blickbewegungen von Radiologen bei der Betrachtung von Röntgenbildern gemessen und untersucht, welche Strategien sie zur Erkennung von Tumoren nutzen und mit welchem Erfolg diese Strategien einhergehen«, erklärt Melissa Vö. Ebenso von Bedeutung sind die Forschungsergebnisse bei der Handgepäck-Sicherheitskontrolle an Flughäfen. Wie entscheiden Mitarbeiter, welche Gepäckstücke näher geprüft werden müssen? Warum wurde ein gefährlicher Gegenstand nicht gefunden? Hat der Kontrolleur nicht auf diesen Bereich geschaut? Oder hat er darauf geschaut, diesen Teil aber nicht für wichtig erachtet?

»Kollaborationen bereichern unsere tägliche Arbeit«, meint Vö. »Unser Forschungsbereich hat hohes Zukunftspotenzial. Möglichkeiten zur Weiterentwicklung gibt es auch methodisch: So versuchen wir, Blickbewegungs- mit Hirnpotenzialmessungen zu kombinieren. Dies ist bislang nur eingeschränkt möglich, da die Auswertung der Hirnpotenziale

durch die natürlichen, muskulär bedingten Augenbewegungen noch zu viele Störfaktoren enthält. Daran arbeiten wir«, so die Psychologin, der man die Leidenschaft für ihre Arbeit anmerkt. »Uns freut jeder gelungene Brückenschlag zwischen unserer universitären Grundlagenforschung und ihrer Anwendung in verschiedenen praktischen Bereichen des Lebens. Die Erforschung des Szenenwissens führt uns sicherlich noch in viele ungeahnte Bereiche.« ●

4 Eintauchen in den virtuellen Raum: Eine Probandin mit Virtual Reality-Brille. Die Arbeitsgruppe von Prof. Melissa Vö untersucht, wie wir Szenenwissen nutzen, während wir uns aktiv in einer simulierten, realitätsnahen 3-D-Umgebung bewegen, dort nach Objekten suchen und mit ihnen interagieren.



Die Autorin

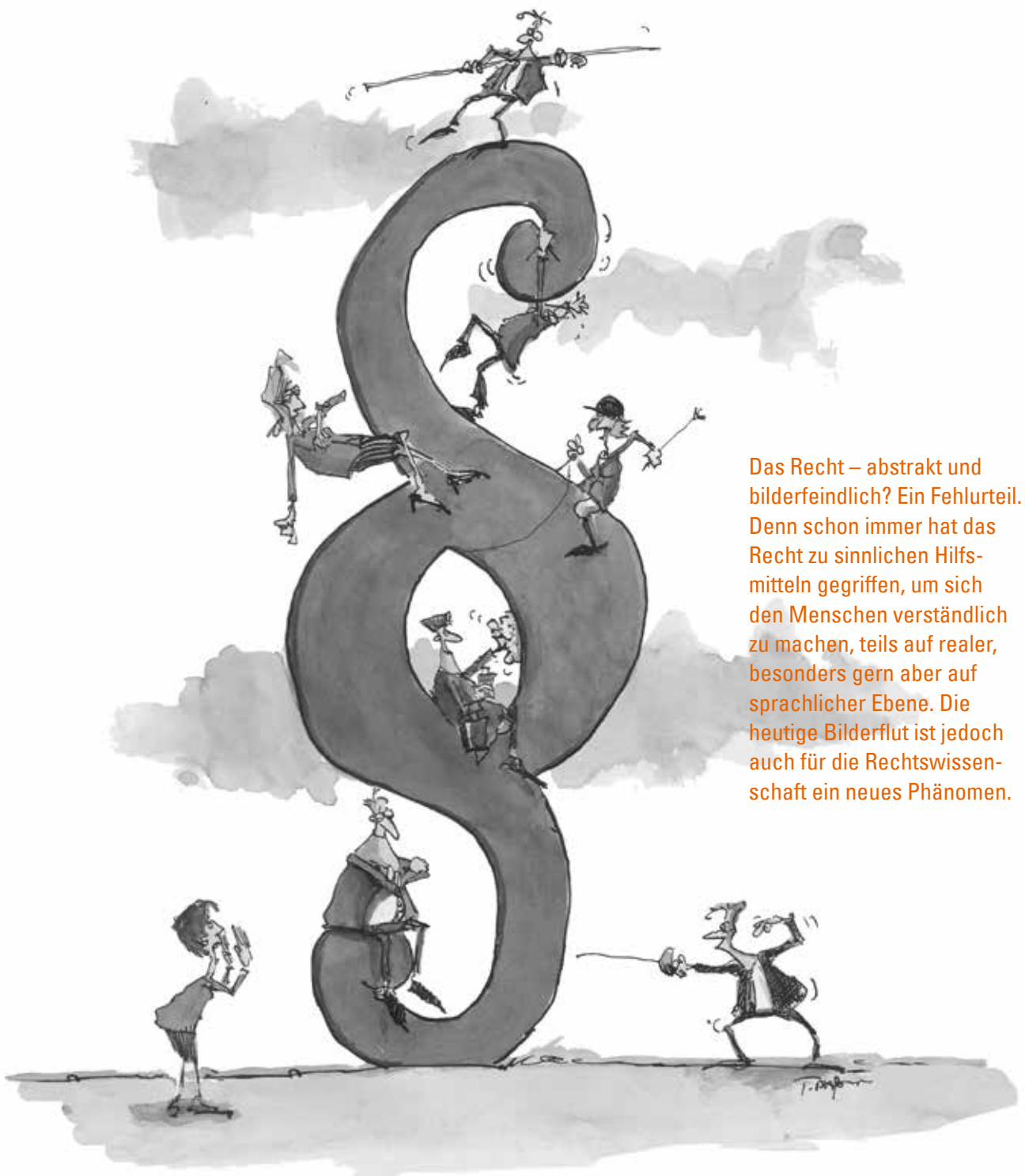
Jessica Klapp, Jahrgang 1980, ist freie Wissenschaftsredakteurin. Nach dem Abschluss eines philologischen Studiums an der Georg-August-Universität Göttingen absolvierte sie ein PR-Volontariat und arbeitete auf Agentur- und Unternehmensseite. Mit ihrer Leidenschaft für wissenschaftliche Themen begibt sie sich gerne auf die Pirsch von neuen Erkenntnissen und Ideen, die uns vom Heute ins Morgen führen, und ergründet die Welt der Wissenschaft in all ihren spannenden Facetten.

jessica.klapp@quantum-scio.com

Bilder im Recht – Recht im Bild

Vom »iconic turn« im Juristischen und
der Bildlichkeit der Rechtssprache

von Michael Stolleis



Das Recht – abstrakt und bilderfeindlich? Ein Fehlurteil. Denn schon immer hat das Recht zu sinnlichen Hilfsmitteln gegriffen, um sich den Menschen verständlich zu machen, teils auf realer, besonders gern aber auf sprachlicher Ebene. Die heutige Bilderflut ist jedoch auch für die Rechtswissenschaft ein neues Phänomen.

Das »Recht« in allen seinen sozialen Formen gilt traditionell als abstrakt und bilderfeindlich. Es besteht aus Texten, die erlassen, erlernt, interpretiert, angewendet und durchgesetzt werden. So war auch die Jurisprudenz (Rechtsklugheit), seit dem 19. Jahrhundert Rechtswissenschaft genannt, eine Sache der Gesetzestexte und der gerichtlichen Urteile. Nun aber, seit täglich die Fülle der elektronisch verbreiteten Bilder auf uns niedergeht und alle anderen Formen der Information zu erdrücken scheint, gibt es auch ein »Bildregime des Rechts«, einen juristischen »*iconic turn*«.

Die Welten der Bilder und des Rechts sind heute engstens verzahnt und aufeinander angewiesen. Wir produzieren Bilder von uns (»Selfies«) und anderen und verbreiten sie, massenhaft und unkontrolliert, oft auch rechtswidrig. Unsere Häuser und unsere Bewegungen werden von Kameras kontrolliert, die wir nicht bemerken. Baumängel, Autoschäden, Operationen werden bildlich dokumentiert. Fast jeder Kauf im Internet setzt ein Bild voraus. Polizeipraxis und Strafprozesse drehen sich um Bilder als Beweismittel (Siehe auch Beitrag S. 103), filmische Aufnahmen von Gerichtsverfahren sollen »Öffentlichkeit« herstellen. Über Möglichkeiten und notwendige Grenzen dieses Bildregimes der Moderne wird an allen Fronten gestritten. Menschenwürde und Persönlichkeitsrechte, Pressefreiheit, Bildnutzungsrechte, Beweisqualität von Bildern oder »Fakes« sind die bekannten Streitplätze. Dabei verschwimmen die Grenzen zwischen Wirklichkeit und Virtualität. Von einer nur textgebundenen und bilderfeindlichen Welt des Rechts kann heute also keine Rede mehr sein.

Rituale als bildliches Mittel

Aber auch in den Zeiten des »gelehrten Rechts« seit dem Hochmittelalter spielte das Bild eine wichtige Rolle: So gab es stets Versuche, Rechtstexte zu illustrieren, etwa die berühmten, den Text begleitenden Bilder der Handschriften des Sachsenspiegels (um 1225), weiter die in Gerichtsakten zu findenden aquarellierten Federzeichnungen von Wiesen und Äckern, Wäldern und Burgen, die den »Augenschein« ersetzen sollten. Das gesamte Rechtsverfahren war bildlich durchgestaltet und ritualisiert, die Auftritte des Gerichtspersonals, die Sitzordnung, die Hoheitszeichen, die zeigen

sollten, in wessen »Namen« Recht gesprochen wurde. Strafen waren sinnlich erfahrbar, sie wurden »vor aller Augen« vollzogen, und zwar so, dass jeder verstand, welches Delikt zugrunde lag. In Nachbarschaft und Gemeinde war Recht präsent: Unter der Gerichtslinde, am Pranger, im Schuldturm, am Galgen. Rechtssprichwörter waren ge-



EINE WILLENSERKLÄRUNG ANFECHTEN

läufig (»mitgegangen, mitgefangen, mitgehangen«). Recht trat in Familie und Alltag in eingeübten bildlichen Formen ans Licht. Verlobungskuss und »eheliches Band«, Trennung von »Tisch und Bett«, Viehkäufe auf dem Markt, Übergabe von Häusern und Äckern wurden ebenso ver(sinn)-bildlich wie die Amtseinführung von Bischöfen oder neuen Landesherren, Friedensschlüsse nach Kriegen oder dynastischen Streitigkeiten. An Rathäusern waren Bilder der Justitia zu sehen, auf den Marktplätzen häufig ein »Roland« als Hüter der Marktgerechtigkeit. In der Kirche sah man die Bilder des Jüngsten Gerichts mit Christus als Weltenrichter, und in der Predigt wurden die Bilder der Hölle, des Fegefeuers und des Paradieses »entfaltet«. Irdische und himmlische Gerechtigkeit griffen ineinander.

Alle diese Formen von Verbildlichung und Ritualisierung des Rechts in älteren Zeiten waren und sind Gegenstand intensiver Forschung der Rechtsarchäologie, der rechtlichen Volkskunde und sowohl der

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Das Recht gilt traditionell als bilderfeindlich. Doch zu Zeiten der allgegenwärtigen Digitalbilder gab es auch in der Rechtswissenschaft einen »*iconic turn*«: Das Recht muss sich zwangsläufig häufig mit Abbildungen und Bildern befassen.
- Doch auch schon in früheren Zeiten waren Bilder für das Recht wichtig: zu Zwecken der Vermittlung wie im berühmten »Sachsenspiegel« oder in rechtlichen Ritualen.
- Wenig untersucht ist die Welt der sprachlichen Bilder im Recht. Metaphern bedienen sich altbekannter Vorstellungen aus dem Alltagsleben, um rechtliche Sachverhalte zu verdeutlichen. Dabei muss die Bedeutung von Metaphern immer neu verhandelt werden.



EIGENTUM ERSITZEN

kunsthistorischen als auch der politischen Ikonografie. Sie zeigen uns, wie sich bestimmte Typologien von Gerichtsstätten und Richtstätten ausbildeten, wie Gerechtigkeit symbolisiert wurde, welche Rituale Recht vermittelten und, wenn sie richtig vollzogen wurden, auch sicherten. Bis zur Gegenwart ist das textgebundene Recht also von bedeutungsvollen, sichtbaren und bildlich festgehaltenen Handlungen umgeben. Gerichtsverhandlungen mit Roben und Sitzordnung oder notarielle Akte sind als Rechtsakte auch »Zeremonialakte«, ebenso wie Eröffnungen von Straßen, bei denen Bänder durchschnitten und Namensschilder aufgestellt werden. Neue Bauwerke werden mit feierlicher Übergabe der Schlüssel und zeremoniellem

formen ziehen großes Interesse auf sich. Tatsächlich bedarf das heutige, sehr komplizierte Recht auch bei einer Bevölkerung, die fast vollständig alphabetisiert ist, der sinnlichen Präsenz in Gebäuden, Kleidung, Ritualen und eben »Bildern«. Wie weit und in welchen Formen sich eine Rechtskultur bildlich darstellt, ist von höchster praktischer Bedeutung. Und wenn sich fremde Rechtskulturen zunehmend durchdringen, muss auch die entsprechende Bildersprache vermittelt werden, um Konfusionen zu vermeiden. So können kommunitaristische Rechtsordnungen, bei denen Abstammungs- oder Lebensgemeinschaften im Mittelpunkt stehen, mit individualistischen Kernbegriffen nichts anfangen, etwa mit dem Wort »Anspruch« oder mit der Übergabe von Grundeigentum an eine juristische Person.



DAS GERICHT ANRUFEN

Umtrunk »eingeweiht«. Völkerrechtliche Verträge werden mit großem Ritual und Blitzlichtgewitter geschlossen.

Bildersprache im modernen Recht

Die Durchdringung von realer Welt und Bilderwelt, das moderne »Bildregime des Rechts« und die mehr oder weniger bewusste Fortsetzung alter ritueller Rechts-

Sprachbilder in der Rechtssprache

Weniger Interesse finden allerdings Sprachbilder im Recht. Gemeint sind damit Metaphern und rechtlich verfestigte Bilder, bei denen Vorstellungen der sinnlich erlebten Alltagswelt auf einen rechtlich relevanten Vorgang übertragen werden. Schon das Wort »übertragen« enthält eine solche Vorstellung, etwa wenn Eigentum übertragen wird (§ 929 BGB). Jacob Grimm berichtet, dass dem die symbolische Übergabe eines Erdenkloßes an den Erwerber zugrunde lag. Eigentum kann auch durch bildliches Stillsitzen, also »Ersitzung«, erworben werden (§ 937 BGB). Willenserklärungen können »angefochten« werden (§§ 119–124 BGB), wobei der Fechter sich die Willenserklärung wieder erkämpft, also zurückholt; durch aufschiebende Bedingungen



DEN RECHTSWEG BESCHREITEN

über die Volkssprache zu nehmen. In der Fachsprache haben sich wohl vor allem solche bildlichen Wendungen durchgesetzt, bei denen es funktionale Entsprechungen zwischen Lebenswelt und juristischem Zweck gab, die also dem »Normalsprachler« ebenso einleuchteten, wie sie juristisch »passten«.

Die Bildlichkeit der Rechtssprache ist keineswegs auf die klassischen Gebiete des Privat- und Strafrechts beschränkt. Vielmehr dringen im modernen öffentlichen Recht, im Technik-, Planungs- und Umweltrecht neue Module ein. Weiche, intentionale Verben werden bevorzugt, im Raumordnungsgesetz des Bundes von 1997 etwa: abbauen, anstreben,



ausgleichen, berücksichtigen, bündeln, entwickeln, erhalten, fördern, gestalten, gewährleisten, in Einklang bringen, ordnen, pflegen, Rechnung tragen, schaffen, schützen, sichern, sicherstellen, stärken, steuern, unterstützen, verbessern, wahren, wiederherstellen. Die Rechtstheorie spricht hier von Finalprogrammen und diskutiert vor allem deren rechtsstaatliche Unschärfe, mit der sie sich gerichtlicher Kontrolle entziehen.

Den Bildern zu Leibe rücken

Die in der Rechtssprache enthaltenen Metaphern geben Anlass für spezielle Missverständnisse. Allzu oft werden Metaphern für die Sache selbst genommen und bilden dann den Ausgangspunkt für die Ableitung von Rechtsfolgen. Im Reich des Rechts gibt es keine »Sache selbst«, sondern nur kommunikative Verständigungen über die sogenannten »Fakten« und über den normativen Sprachgebrauch. Deshalb konnte es als irreführend angesehen werden, wenn von einer »realen Verbandspersönlichkeit« gesprochen wurde, als sei etwa eine Genossenschaft oder eine Aktiengesellschaft so »real« wie ein lebendiger Mensch. Viele dogmatische Probleme sind deshalb Scheinprobleme, weil sie an Verbildlichungen und Verräumlichungen anknüpfen und vergessen machen, dass es sich um Bilder handelt. Eine juristische Person kann für einen Schaden haften, aber nicht im strafrechtlichen Sinn schuldig werden. Wie in den Naturwissenschaften steht dann das sprachliche Konstrukt fälschlich für die Sache selbst. Insofern muss eine kritische Rechtswissenschaft diesen Bildern immer wieder zu Leibe rücken und ihren Zeichencharakter deutlich machen.

Sprachbilder immer neu verhandeln

Dieser Sprachgebrauch arbeitet bewusst oder unbewusst mit sprachimmanenten Bildern, mit Redewendungen und Metaphern, denen einmal sinnliche Vorgänge zugrunde lagen. Ebenso fließen aus der Alltagssprache neue Wendungen in die Rechtssprache ein, die der Real- und der Bilderwelt der Gegenwart entlehnt sind. Rechtskundige aller Art mussten sich untereinander und mit Laien verständigen, um komplexe Vorgänge wie die Aufbewahrung eines Pfands, die anteilige Haftung bei Untergang eines Schiffs, die Aufteilung eines Erbes in Normalsprache auszudrücken. Die Sprache des Rechts ist und war immer schon geschichtlich, dynamisch und offen für die Zukunft. Heute tritt sie ein in die von Bildern überquellende elektronische neue Welt. In ihr ist nicht nur alles Bild, sondern auch alles fälschbar. Die Welt, die wir als Bild wahrnehmen, ist gewiss nicht die richtige. Aber welche ist die richtige? Mehr als unsere praktische Vernunft und die sprachliche Kommunikation haben wir nicht, um das festzustellen. In dieser Zeit der Unsicherheiten wird die bildlich durchsetzte Rechtsordnung im Urheber-

recht, im Schutz der »privacy« vor Ausbeutung in den Medien, in der Setzung verfassungsrechtlicher, ethischer und ästhetischer Grenzen vielfach modernisiert werden müssen. Dennoch wird die Rechtsordnung eine solche der Texte bleiben, und zwar ungenauer und interpretationsbedürftiger Texte, und sie wird



die Sprache nicht nur brauchen, um ihre Entscheidungen anhand von Texten zu begründen, sondern auch um die unvermeidlich »sprachlosen« Bilder zu interpretieren und in wiederum bilderreiche Texte zu verwandeln. ●



Der Autor

Prof. Dr. Dr. hc. mult. Michael Stolleis, 76, lehrte bis 2006 Öffentliches Recht und Neuere Rechtsgeschichte an der Goethe-Universität. Von 1992 bis 2009 war er Direktor am Max-Planck-Institut für europäische Rechtsgeschichte in Frankfurt, dem er noch heute als Mitglied angehört. Als Autor zahlreicher Veröffentlichungen zur deutschen Rechtsgeschichte, Juristischen Zeitgeschichte und Neueren Rechtsgeschichte hat er sich auch international einen Namen gemacht. Er erhielt zahlreiche renommierte Preise, darunter 1991 den Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

stolleis@rg.mpg.de



FINNLAND

HAUPTSTADT: HELSINKI
SPRACHEN: FINNISCH, SCHWEDISCH
EINWOHNER: 5 MILLIONEN
FLÄCHE: 338 145 KM²



Finland ist SAUNA-Land
SUOMI-NEITO
Symbolfigur Finnlands

WALD-LEMMING
RENTIER-FLECHTE
RENTIER
TUNDRA
Steppenlandschaft im kalten, hohen Norden. Hier wachsen Moose und Flechten

LEMMENTOKI-NATIONALPARK
INARI-SEE
LEMMING
RENTIER
RENTIER-LUCHT

PORTTIPAASTA-SEE
LOKKA-STA-SEE
SCHNEE-HASE
Das HERMELIN hat im Winter ein weißes Fell.

SCHNEEMOBIL FAHREN
VIELFRASS
WOLF
BRAUN-BÄR

Das HERMELIN hat im Winter ein weißes Fell.
SCHNEEMOBIL FAHREN
VIELFRASS
WOLF
BRAUN-BÄR

ZWERG-BIRKE
HUNDESCHLITTEN
VÄINÄMÖINEN
mythischer Held, Gott und Magier

Die Urnise Finnlands erinnert an einen Menschen mit aus-
gestrecktem Arm.
HUNDESCHLITTEN
VÄINÄMÖINEN
mythischer Held, Gott und Magier

LEMMING
RENTIER
RENTIER-LUCHT
VÄINÄMÖINEN
mythischer Held, Gott und Magier

RENTIER-LUCHT
VÄINÄMÖINEN
mythischer Held, Gott und Magier

ELCH
SAMEN
Bewohner Lapplands

ELCH
SAMEN
Bewohner Lapplands

ELCH
SAMEN
Bewohner Lapplands

ELCH
SAMEN
Bewohner Lapplands

Nördlich des Polarkreises gibt es im Winter POLARNÄCHTE, in denen die Sonne tag- oder wochenlang nicht richtig aufgeht. Im Sommer während der POLARTAGE, steht die Sonne fast rund um die Uhr am Himmel.

SING-SCHWAN
DER NIKOLAUS wohnt angeblich in Rovaniemi

NÖRDLICHER POLARKREIS
Am Kenyoki gibt es ganze 21 kleine Kraftwerke

WITZGRÖÖSTE SCHNEE-BURG
NORNE

KOMPOSIST JEAN SIBELIUS
KUCKUCK
AUERHAHN

KOMPOSIST JEAN SIBELIUS
KUCKUCK
AUERHAHN

KOMPOSIST JEAN SIBELIUS
KUCKUCK
AUERHAHN

KOMPOSIST JEAN SIBELIUS
KUCKUCK
AUERHAHN

AVAR AALTO
Architekt und Designer
PESÄPALLO, Baseball auf Finnisch
AINO
VEETI
J. J. JOHNSON
entwerfer des Muminhauses

AVAR AALTO
Architekt und Designer
PESÄPALLO, Baseball auf Finnisch
AINO
VEETI
J. J. JOHNSON
entwerfer des Muminhauses

AVAR AALTO
Architekt und Designer
PESÄPALLO, Baseball auf Finnisch
AINO
VEETI
J. J. JOHNSON
entwerfer des Muminhauses

AVAR AALTO
Architekt und Designer
PESÄPALLO, Baseball auf Finnisch
AINO
VEETI
J. J. JOHNSON
entwerfer des Muminhauses

ATLANTISCHER HERING
LACHS
HOLZHÄUSER IN DER ALTSTADT

ATLANTISCHER HERING
LACHS
HOLZHÄUSER IN DER ALTSTADT

ATLANTISCHER HERING
LACHS
HOLZHÄUSER IN DER ALTSTADT

ATLANTISCHER HERING
LACHS
HOLZHÄUSER IN DER ALTSTADT

RAUMA
MUMIN-HAUS
NAANTALI
TURKU
VANTAA
HELSINKI
ESPOO

RAUMA
MUMIN-HAUS
NAANTALI
TURKU
VANTAA
HELSINKI
ESPOO

RAUMA
MUMIN-HAUS
NAANTALI
TURKU
VANTAA
HELSINKI
ESPOO

RAUMA
MUMIN-HAUS
NAANTALI
TURKU
VANTAA
HELSINKI
ESPOO

MARIEHAMN
OST-SEE
KASTELHOLM
das mittelalterliche Schloss

MARIEHAMN
OST-SEE
KASTELHOLM
das mittelalterliche Schloss

MARIEHAMN
OST-SEE
KASTELHOLM
das mittelalterliche Schloss

MARIEHAMN
OST-SEE
KASTELHOLM
das mittelalterliche Schloss

WANDERN AUF DER 80 KILOMETER LANGEN BÄRENKUNDE
BIRKE
KIEFERN
ESCHE
EICHE
ESCHEN-BLATT

WANDERN AUF DER 80 KILOMETER LANGEN BÄRENKUNDE
BIRKE
KIEFERN
ESCHE
EICHE
ESCHEN-BLATT

WANDERN AUF DER 80 KILOMETER LANGEN BÄRENKUNDE
BIRKE
KIEFERN
ESCHE
EICHE
ESCHEN-BLATT

WANDERN AUF DER 80 KILOMETER LANGEN BÄRENKUNDE
BIRKE
KIEFERN
ESCHE
EICHE
ESCHEN-BLATT

WANDERN AUF DER 80 KILOMETER LANGEN BÄRENKUNDE
BIRKE
KIEFERN
ESCHE
EICHE
ESCHEN-BLATT

WANDERN AUF DER 80 KILOMETER LANGEN BÄRENKUNDE
BIRKE
KIEFERN
ESCHE
EICHE
ESCHEN-BLATT

WANDERN AUF DER 80 KILOMETER LANGEN BÄRENKUNDE
BIRKE
KIEFERN
ESCHE
EICHE
ESCHEN-BLATT

WANDERN AUF DER 80 KILOMETER LANGEN BÄRENKUNDE
BIRKE
KIEFERN
ESCHE
EICHE
ESCHEN-BLATT

WANDERN AUF DER 80 KILOMETER LANGEN BÄRENKUNDE
BIRKE
KIEFERN
ESCHE
EICHE
ESCHEN-BLATT

WANDERN AUF DER 80 KILOMETER LANGEN BÄRENKUNDE
BIRKE
KIEFERN
ESCHE
EICHE
ESCHEN-BLATT

Bild Macht Raum!

Jedes Bild kann geographisch sein,
der Umgang damit muss gelernt werden

von Antje Schlottmann

Was ist ein geographisches Bild? Darauf hat sicher jeder eine Antwort: Beim einen poppen im Kopf zunächst die Urlaubsfotos von der finnischen Schären-Küste oder aus Paris auf, die andere denkt an Satellitenaufnahmen des schwindenden Eisrandes der Arktis im GEO-Magazin oder an Claudia Kleinerts Wetterkarte in den Tagesthemen. Auf den ersten Blick scheint klar: alles Bilder, alles irgendwie geographisch.

Wer genauer hinsieht, stellt fest: Als geographisches Bild gilt offenbar landläufig ein Bild von etwas Geographischem (z.B. einer Landschaft, einer Stadt...). Oder aber auch ein von Wissenschaftlern und Experten, das heißt oft: von Geographinnen und Geographen, erstelltes Bild (z.B. eine Karte oder ein Diagramm). Beides sind gängige und durchaus plausible Zugänge. Mit ihnen verbunden sind allgemeine Vorstellungen von geographischen Sachverhalten einerseits (spätestens seit der Grundschulzeit kennen wir die: Stadt, Land, Fluss). Andererseits berufen sie sich aber auch auf Klischees von einer geographischen Wissenschaft, wie sie z.B. Jan Vermeer in seinem berühmten Ölgemälde aus dem 17. Jahrhundert oder Antoine de Saint-Exupéry im »Kleinen Prinzen« festgehalten haben: Geographen zeichnen, kartieren, beschreiben, vermessen. Kurz: Sie bilden ab.

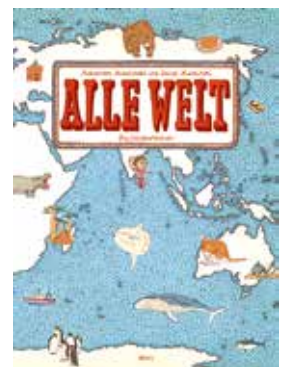
Bild und Raum: ein produktives Verhältnis

Entgegen diesem traditionellen Verständnis befasst sich die Geographie heute aber auch auf ganz andere Weise mit Bildern. Die Geographie versteht sich nicht mehr nur als bildproduzierende Wissenschaft. Das Berufsfeld beinhaltet keineswegs nur Kartographen, die Bilder erstellen, oder TV-Meteorologinnen, die Bilder erläutern. In der Humangeographie wie in der Geographie didaktik erforschen Geographinnen und Geographen zunehmend in kritischer Weise die gesellschaftliche Rolle von Bildern im engeren Sinne, aber auch von Visualität (im weiteren

Sinne von Erscheinungsformen, Ansichten und Sichtweisen). Bei diesen »Visuellen Geographien« geht es vor allem um das produktive Verhältnis von Bild und Raum. Denn die Humangeographie, also der gesellschaftswissenschaftliche Zweig der Geographie, fragt heute nicht mehr nur, wie der Raum denn beschaffen sei. Eine zentrale Frage ist vielmehr, wie Raum gesellschaftlich ganz alltäglich und auch wissenschaftlich *hergestellt* wird (Werlen 2007) – und dabei spielen Bilder eine wesentliche Rolle.

Eine solche, »sozialkonstruktivistisch« zu nennende Perspektive mag den Laien erst einmal verwundern, stellt sie doch die selbstverständliche Gewissheit vom Raum, der da draußen ja doch ist und so ist, wie er eben ist (»sieht man doch!«), infrage. In der Geographie eröffnen sich durch diese Perspektive aber neue, angesichts komplexer Problemzusammenhänge äußerst relevante und gewinnbringende Horizonte. Anders an dieser Perspektive ist, dass ein geographisches Bild dann alles Mögliche zeigen kann. Ein geographisches Bild ist dann nämlich ein Bild, an das – sinnvollerweise – geographische Fragen gerichtet werden und das unter diesen betrachtet, reflektiert und kritisch analysiert wird. Ein geographisches Bild steht so betrachtet nicht als »richtiges« oder »falsches« Abbild von Welt zur Debatte, sondern als wirkmächtiges Mittel der Welterzeugung.

Die sich mit diesem Bildbegriff eröffnenden Fragen sind vielfältig: Wie werden zu welcher Zeit raumgestaltende Prozesse von materiellen oder auch mentalen (Vor-)Bildern geleitet? Welche



1 Weltbilder entstehen im Kopf, schon in frühester Kindheit. Kinderatlanten helfen bei der ersten Orientierung, prägen aber auch früh Vorstellungen davon, wer und was (stereo-)typischerweise wo zu finden ist. Ein besonders ansprechendes Exemplar ist der Titel »Alle Welt. Das Landkartenbuch«.

Von Aleksandra Mizielińska (Autor), Daniel Mizieliński (Autor), Thomas Weiler (Übersetzer). Moritz-Verlag Frankfurt am Main. 10. Auflage 2017.



2 Zum Image der Geographie gehört die Wettervorhersage. Hinter die vermeintliche Objektivität solcher alltäglicher Kartenbilder lässt sich schauen, wenn z. B. gefragt wird, warum politische, nicht naturräumliche Grenzen abgebildet sind oder ob die Nennung bestimmter Städte etwas mit deren gesellschaftlicher Bedeutung zu tun hat. (Claudia Kleinert, die »Wetterfrau« der Tagesschau, ist übrigens mitnichten Geographin, sondern gelernte Diplomkauffrau).

Leitbilder haben sich etwa für die oft gleiche Anlage von Parks oder Neubaugebieten durchgesetzt und warum? Inwiefern werden Verhältnisse und Ereignisse an weit entfernten Orten wahrhaftiger, wenn wir ein Bild von ihnen haben (und das, obwohl heute allgemein bekannt ist, wie schnell ein Bild nachbearbeitet werden kann)? Welche Rolle spielen die Prospektbilder bekannter wie unbekannter Länder bei der Reisezielentscheidung? Welche Konsequenzen hat die Visualität von Windrädern für die Akzeptanz erneuerbarer Energien? Wie lassen Medienbilder Eisbären zu den prominentesten Opfern des Klimawandels werden, und was bedeutet es für den Lebensraum Arktis, dass dabei andere Lebewesen (Tiere oder Menschen) aus dem Blickfeld geraten?

Kurz: Wo, wann, wie genau und mit welcher Wirkmächtigkeit erzeugen Bilder Raum? Genauer: Wie schaffen Bilder durch inhärente Sichtbarkeiten, aber auch durch Unsichtbarkeiten (und damit verbundene Deutungsmächtigkeit) Räume auf eine ganz bestimmte Art und Weise? Und was sagt das wiederum über die Gesellschaft aus, die sie hervorbringt?

Werbung konstruiert Naturraum

Das sind auch die zentralen Fragen, die mich interessieren und faszinieren, zum Beispiel in meiner Forschung zur visuellen Konstruktion von Naturräumen. Das sogenannte »Draußen« liegt eben nicht nur da draußen, sondern auch im Internet oder am Kiosk. So wird etwa in Natursport-Magazinen und Katalogen für Outdoor-Produkte das Bild einer wilden, unberührten Natur gezeichnet, zu der zurückzukehren offenbar höchst erstrebenswert ist. Gesunde und fitte, frohe Menschen erobern den ansonsten menschenleeren Raum und genießen sich selbst. Freilich gelingt das den Bildern zufolge

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Ein geographisches Bild ist für den Laien ein Bild von »etwas Geographischem« oder auch ein Bild, das durch einen Geographen erstellt wurde. Die Kritische Humangeographie fragt hingegen, wie durch Bilder Raum gesellschaftlich hergestellt wird. Ein geographisches Bild kann jedes sein, an das sich raumbezogene Fragen stellen lassen.
- Diese sozialkonstruktivistische Sichtweise eröffnet neue, äußerst relevante Horizonte. Ein geographisches Bild steht so betrachtet nicht als »richtiges« oder »falsches« Abbild von Welt zur Debatte, sondern als wirkmächtiges Mittel der Welterzeugung.
- Für die Geographiedidaktik ergibt sich angesichts der digitalen Bilderflut ein zentraler Bildungsauftrag: Die Forschung muss sich kritisch-analytisch mit den zahllosen Bildern befassen, die über Medien aller Art an Schülerinnen und Schüler herangetragen werden. Denn diese Bilder wirken sich auf deren Menschenbilder und Naturverständnisse aus.
- Denn Geographie ist nicht, sondern wird gemacht – und zwar nicht von Experten am Computer oder Kartentisch, sondern von uns allen jeden Tag. Die räumliche Wirklichkeit erschließt sich demnach über den analytischen Blick auf Handlungen, welche der (existierenden) materiellen und auch absolut-räumlichen Welt Sinn und Bedeutung verleihen.

nur in den entsprechenden hochpreisigen Outfits. Diese visuelle Vermarktung zeigt nicht nur, was Naturraum in der sogenannten »Erlebnisgesellschaft« bedeutet, sondern beeinflusst auch, wie wir uns selbst darin wahrnehmen (Schlottmann 2010).

Die kritische Analysearbeit sollte sich neben solcher Auseinandersetzung mit alltäglichen Visualitäten aber auch auf die Wirklichkeiten beziehen, welche die von der wissenschaftlichen Geographie selbst produzierten Bilder entfalten. So hat sich etwa seit den 1990er Jahren auch eine »Kritische Kartographie« formiert mit dem Ziel, die »Macht der Karten« nicht zuletzt in Bezug auf die selektive und gerichtete Prägung von Weltbildern offenzulegen. Bereits Kinderatlanten zeigen zum Bei-

spiel ein Bild von Afrika als Box voller wilder Tiere und wilder Menschen. Das ist sicher nicht ganz falsch, geht aber darüber hinweg, dass dies nur eine mögliche Darstellungsweise ist, da Afrika viel mehr ist und je nach angelegter Perspektive auch ganz anders erscheinen könnte. Ähnliche Stereotypen gibt es auch in der Darstellung europäischer Regionen (siehe die Karte Finnlands, Abb. 1). Dennoch erweckt eine Karte zunächst einmal den Eindruck, objektiv zu sein. Das gilt auch für Infografiken oder Satellitenbilder und so verbreitete Geomedien wie Google Earth oder OpenStreet-Map. Deren scheinbare Selbstverständlichkeit hält Anwenderinnen und Anwender davon ab zu fragen: Was zeigen sie eigentlich und in welcher Form, was zeigen sie nicht? Wer kann da mitmachen und wie kann man sich ihnen entziehen?

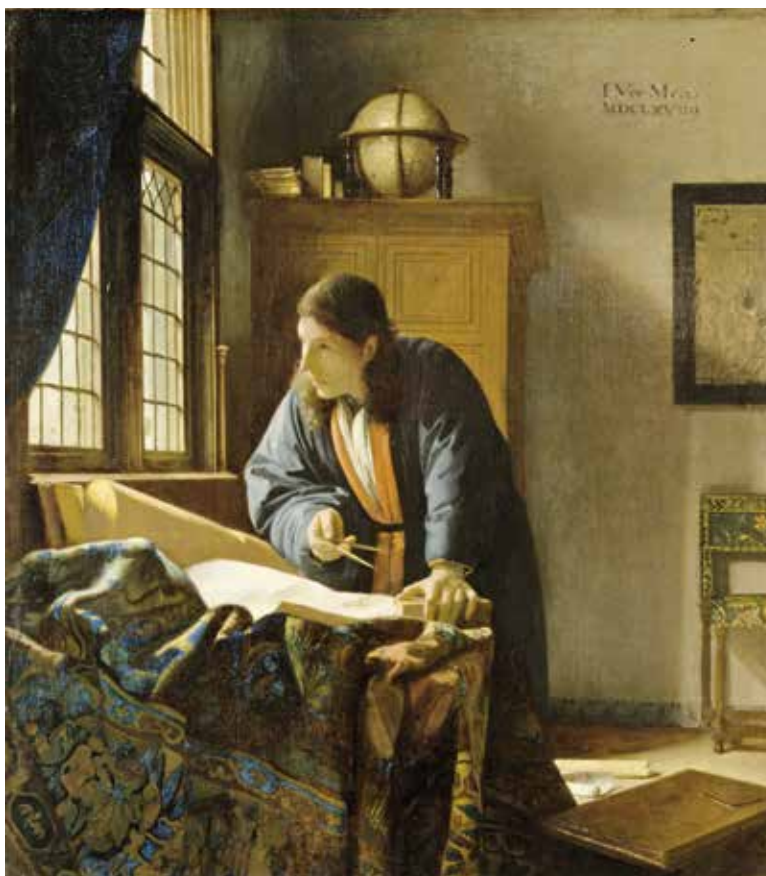
Bilder prägen Weltbilder

Und so ergibt sich im Zeitalter allgegenwärtiger digitaler Bilder ein zentraler Bildungsauftrag für die Geographiedidaktik: Die Forschung muss sich einerseits kritisch-analytisch mit den zahllosen Bildern befassen, die über Medien aller Art, in der Werbung wie in den sozialen Netzwerken, an Schülerinnen und Schüler herangebracht werden. »SCHAU HIN! – Was dein Kind mit Medien macht« ist eine gemeinsame Initia-

tive des Bundesministeriums für Familie, Senioren, Frauen und Jugend und der öffentlich-rechtlichen Sendeanstalten. Gleichzeitig ist mindestens ebenso wichtig, genau hinzuschauen, was die Medien und ihre Bilder »mit deinem Kind« machen. Denn die Bilder sind mitbestimmend für Vorstellungen von Welt, zum Beispiel für die Entwicklung von Menschenbildern oder Naturverständnissen, die ihrerseits handlungsleitende Wirkung haben können. Das gilt für Alltagsmedien wie Fernsehen, Internet, Zeitschriften und Prospekte genauso wie für die sogenannten »Bildungsmedien« wie Schulbücher und die darin präsentierten Abbildungen. Reproduktionen des typischen Wilden im Amazonastiefland schaffen, wenn nicht ganz explizit mit einer hinterfragenden reflexiven Aufbereitung verknüpft, stereotype Ideen von Mensch und Raum, die für den Umgang mit Fremd- und Andersartigkeit Konsequenzen haben.

Eine Studie zur bildlichen Darstellung des Alpenraums in deutschen Schulbüchern (Schlottmann 2013) hat etwa gezeigt, dass die Alpen bis in die 1990er Jahre bildlich als landwirtschaftlicher Nutzraum präsentiert werden, in dem mittelalte Männer harter Arbeit nachgehen, Frauen und Kinder treten nicht in Erscheinung, sie bleiben bildlich »zu Hause«. Klassische Rollenverteilungen wurden hier, wenn

3 Bilder sind machtvolle Mittel der Welterzeugung, weil sie immer selektiv sind. Das Bild des Geographen von Vermeer zeigt eben nur eine von vielen möglichen geographischen Praktiken, ist aber zentraler Teil der Vorstellung von wissenschaftlicher Geographie. Visualitäten können aber auch machtvolle Irritationen gesellschaftlicher Verhältnisse leisten. Eine Bildmontage könnte dem Geographen statt der Karte ein Tablet hinlegen. Oder, noch etwas provokanter, da auf das Rollenbild des männlichen Wissenschaftlers abzielend, ihm einen kecken Damenhut aufsetzen.



Was Bilder bewirken

4 + 5 Das Bild der Alpen ist geprägt von unterschiedlichen Klischees: Auf der einen Seite die romantische Vorstellung vom urwüchsigen Bergbauern, der die Almen in Handarbeit bewirtschaftet; dies kommt immer noch in vielen Schulbüchern vor (links). Auf der anderen Seite werden die Berge, vermittelt durch Outdoor-Angebote und Sportbekleidungsfirmen, oft als Kulisse für sportliche Betätigungen dargestellt, wo fitte, fröhliche – und vor allem kaum schwitzende – Menschen an ihre körperlichen Grenzen gehen (rechts).



Literatur

Nöthen, E. & A. Schlottmann (2015), Stadt in den Blick genommen. Ansätze zur Differenzierung beim Erwerb kritisch-reflexiver visueller Kompetenz, in: GW-Unterricht 139 (3), 32–41.

Schlottmann, A. & Miggelbrink, J. (Hrsg.) (2015), Visuelle Geographien. Praktiken der Produktion, Aneignung und Vermittlung von RaumBildern, Bielefeld: transcript.

Schlottmann, A. (2013), Regionale Identitätsbildung – Bildung zur regionalen Identität. Eine Analyse der Konstruktion von Natur und Mensch im Schulbuch, in: Brand, O., Dörhöfer, S. & Eser, P. (Hrsg.), Die konflikt-hafte Konstitution der Region: Kultur, Politik, Ökonomie. Münster: Westfälisches Dampfboot, 162–185.

Schlottmann, A. (2010), Erlebnisräume/Raumerlebnisse: Zur Konstruktion des »Draußen« in Bildern der Werbung, in: Wöhler, K.-H., Denzer, V. & Pott, A., Tourismusräume. Zur soziokulturellen Konstruktion eines globalen Phänomens, Bielefeld: transcript, 67–88.

Werlen, B. (2007), Globalisierung, Region und Regionalisierung, Sozialgeographie alltäglicher Regionalisierungen Band 2, Stuttgart: Steiner.

nicht produziert, so doch jahrzehntelang zumindest reproduziert. In jüngeren Bildern hingegen zeigt sich eine nahezu menschenleere, ästhetisch überhöhte Welt aus Berglandschaft, Verkehr und Technik, die eher zum Urlaubsmachen einlädt, als dazu auffordert, sich über Konflikte und unterschiedliche Interessen und Sichtweisen im Spannungsfeld von Schutz und Nutzung Gedanken zu machen.

Sensibilisierung dringend notwendig

Noch einmal: Das sind keine »falschen« Bilder, aber Bilder, die etwas mit unseren Vorstellungen von Räumen machen, die also Geographien herstellen. Erst beim genauen Hinschauen wird ihre Macht ersichtlich. Für solcherart genaues Hinschauen, für die (Neu-)Entdeckung der versteckten Geographien in den oft scheinbar nur zur Illustration dienenden Bildern, braucht es Anleitungen. Zumindest bedarf es einer Sensibilisierung – und zwar nicht nur für Kinder und Eltern, sondern eigentlich für alle, die im 21. Jahrhundert mit Medien umgehen.

Auf dieser Basis widmen wir uns in der Frankfurter Geographiedidaktik nicht allein der kritischen Analyse, sondern erarbeiten auch Konzepte für einen mündigen Umgang mit Raumbildern und Geomedien. Ein solches Konzept ist z.B. das Angebot einer »geographischen Sehschule« für Schulklassen, Lehrende und die interessierte Allgemeinheit auf dem Campus Westend der Goethe-Universität (Nöthen/Schlottmann 2015). Die Teilnehmenden setzen sich reflexiv mit ihrer Wahrnehmung des zentralen Theodor-W.-Adorno-Platzes und seiner Gebäude auseinander. Ihre direkte subjektive Anschauung wird über Arbeitsaufträge auf die Gerichtetheit des eigenen Blicks durch äußere Bilder, wie z.B. veröffentlichte Fotografien,

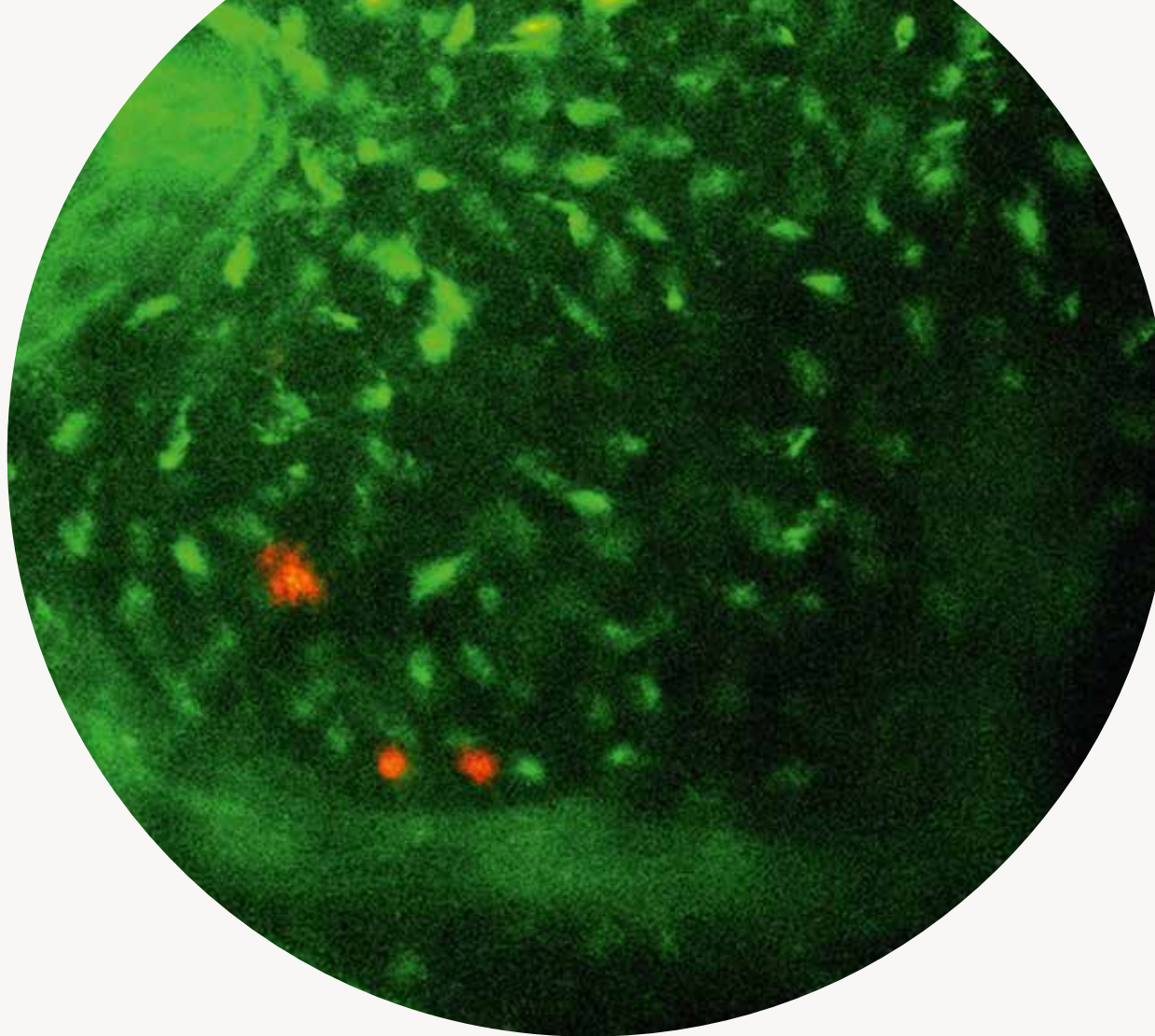
zurückgeführt. Zudem werden in Gruppendiskussionen kollektiv geteilte Sehgewohnheiten sichtbar. Die Selektivität von Visualisierungen wird erkennbar, wenn die Teilnehmenden selbst in die Rolle von Fotojournalisten schlüpfen. Am Ende ist jedes »so habe ich das noch nie gesehen!« ein Erfolg und ein Beleg für den Erwerb von kritisch-reflexiver visueller Kompetenz. ●



Die Autorin

Prof. Dr. Antje Schlottmann, Jahrgang 1970, studierte in Freiburg Geographie, Geologie und Ur- und Frühgeschichte. Sie schrieb und zeichnete viel, änderte dann die wissenschaftliche Blickrichtung und promovierte 2003 zur sprachlichen Produktion von Raum am Beispiel der Berichterstattung zur deutschen Einheit. Seit 2008 ist sie Professorin für Geographie und ihre Didaktik an der Goethe-Universität und verbindet ihre Forschung zu gesellschaftlichen Naturverhältnissen mit ihrem Interesse an den »Visuellen Geographien«. Ein gleichnamiges Buch hat sie 2015 herausgegeben.

schlottmann@geo.uni-frankfurt.de



Prof. Dr. Daniela Krause

erforscht am Georg-Speyer-Haus, Institut für Tumorbiologie und experimentelle Therapie, wie man die Signalwege zwischen Leukämiezellen und der sie umgebenden Knochenmarksnische durch Wirkstoffe blockieren kann, um die Krankheit so an der Wurzel zu bekämpfen.



Sonika Godavarthy

ist seit 2016 Doktorandin der AG Krause. Sie beschäftigt sich hauptsächlich mit der vaskulären Knochenmarksnische im Knochenmarksmikromilieu und hat die In-vivo-Mikroskopie in der AG Krause etabliert.

Dieses Bild ist uns wichtig, weil es darauf hinweist, wie wir Leukämiezellen mit Chemotherapie noch wirksamer bekämpfen können. Besonders schwer sind die Zellen zu erreichen, die sich im Knochenmark »verstecken«. Das Bild zeigt das Knochenmark in der Schädelkalotte einer lebenden, anästhesierten Maus. Die Maus ist mit dem Nestin-GFP Reporter-Gen ausgestattet, das alle Vorläuferzellen des Bindegewebes (mesenchymale Stammzellen) in Grün fluoreszieren lässt. Eine injizierte Leukämiezelle fluoresziert in Orange. Die mit dem 2-Photonen-Mikroskop aufgenommene Abbildung zeigt uns, wo die Leukämiezelle im Verhältnis zu den Zellen des Knochenmarksmikromilieus lokalisiert ist. Letzteres scheint einen Einfluss auf das Fortschreiten der Krankheit zu haben. Ferner kann das Knochenmarksmikromilieu Leukämiezellen vor Chemotherapie beschützen, so dass wir uns zum Ziel gesetzt haben, das Knochenmarksmikromilieu so zu modulieren, dass die leukämischen Stammzellen vollständig eliminiert werden können.

Lieblingsbild

The image features a complex, textured background that resembles a microscopic view of a cell. The overall color palette is dominated by various shades of teal, green, and blue, with some yellowish and brownish tones interspersed. The texture is highly irregular and porous, with many small, interconnected structures. A large, semi-transparent circular inset is positioned in the lower-left quadrant, providing a magnified view of the internal cellular components. The text 'BILDER AUS DER ZELLE' is overlaid on this circular inset in a clean, white, sans-serif font.

BILDER
AUS DER
ZELLE

Mit gestylten Grafiken auf das Cover

Oft überzeugt eine künstlerische Interpretation mehr als das reale Bild

von Kerstin Koch

Schönheit liegt auch in der Wissenschaft im Auge des Betrachters. So wie Eltern ihre Sprösslinge schön finden, schwärmen auch Forscher wie Mike Heilemann und Ivan Dikic von ihren Bildern fluoreszierender Bakterien. Doch wenn sie es auf das Cover einer Fachzeitschrift schaffen wollen, nehmen sie die Hilfe wissenschaftlicher Illustratorinnen wie Ella Marushchenko in Anspruch.

Am Anfang stand eine E-Mail. Der Verfasser war Mikroskopie-Experte Mike Heilemann, der vor wenigen Wochen nach Frankfurt berufen worden war. Er hatte gehört, dass der Zellbiologe Ivan Dikic ein Risikoprojekt innerhalb des Exzellenzclusters Makromolekulare Komplexe leitete, an das er womöglich anknüpfen könne. Der Austausch kam schnell zustande – und am vorläufigen Ende der Geschichte stehen zwei Bilder: Eines davon erschien im Juli 2017 auf der Titelseite der renommierten Fachzeitschrift »Nature Microbiology«. Das andere ist das Original, wie es in Heilemanns hochauflösendem Mikroskop zu sehen war. (Siehe S. 29)

Auf das Cover zu kommen, ist für einen Forscher ähnlich erstrebenswert wie für ein Fotomodell – wenn auch eher mit wissenschaftlichen als mit nackten Tatsachen. Ist das Manuskript mit den Forschungsergebnissen erst einmal zur Publikation in einer Fachzeitschrift angenommen, beginnt das Rennen um den prominenten Platz auf dem Titel. Wie ein »Nature Chemistry«-Editor einst mit typisch britischer Zurückhaltung schrieb: »Wenn die eigene Arbeit ausgewählt wird, die vermutlich heiligste Seite der Druckausgabe einer Zeit-

schrift zu zieren, so kann das weit mehr als das Tüpfelchen auf dem i sein.« [1]

Neue Einsichten durch faszinierende Bilder aus dem Mikroskop

Doch zunächst zurück zu dem Original, »dem wahrhaft schönen Bild«, wie Mike Heilemann findet. Es wurde durch Franziska Fricke mit einem hochauflösenden Fluoreszenzmikroskop aufgenommen. Fricke war seinerzeit Doktorandin in Heilemanns Labor. Das Bild zeigt die Markierung eines Salmonellen-Bakteriums innerhalb einer Wirtszelle. Jeder farbige Punkt stellt eine markierte Ubiquitin-Kette dar. Heilemann selbst gerät schnell ins Schwärmen, wenn er von den Aufnahmen spricht: »So ein Bakterium ummantelt von Proteinen ist doch eine Schönheit«, bekennt er seine Schwäche für die molekularen Details. »Es ist faszinierend, wenn man am Mikroskop sitzt und die optische Detektion einzelner Proteine in einer Zelle beobachten kann.« Dikic wurde von dieser Begeisterung schnell angesteckt.

Heilemann und sein Team erreichen die fast atomare Auflösung durch einen Trick: Die vorhandenen Lichtsignale, von denen jedes einzelne einige wenige Ubiquitin-Moleküle repräsentiert, werden nach dem Zufallsprinzip durch einen

DIE ÄSTHETIK GEHT VOR

Dr. Anne Hardy: Welche Kriterien qualifizieren ein Bild für den Titel?

Andrew Jermy: Das Hauptkriterium ist die Ästhetik. Das Titelbild soll visuell wirkungsvoll sein. Insofern ist uns der künstlerische Wert erstmal wichtiger, als eine spezifische wissenschaftliche Botschaft rüberzubringen. Wenn ein Bild ästhetisch stark ist und gleichzeitig einen Aspekt der dazugehörigen Wissenschaft vermitteln kann, ist es natürlich umso besser.

Bei manchen Zeitschriften spielt die Bedeutung der dazugehörigen Forschung beziehungsweise das allgemeine Interesse daran ebenfalls eine Rolle. In seltenen Fällen beeinflusst dieser Aspekt auch unser Denken, wenn wir zum Beispiel zwei visuell gleich starke Kandidaten haben, würden wir unter Umständen das unsererseits vermutete Interesse unserer Leserschaft mit in die Waagschale werfen.

Hardy: Was raten Sie Autoren, die Titelbilder vorschlagen möchten?

Jermy: Bevor sie Geld oder Zeit investieren, sollten sie sich genau die Art der Bilder anschauen, die die Zeitschrift in den vergangenen ein bis zwei Jahren auf den Titel gehoben hat. So bekommen sie eine Vorstellung davon, welchen ästhetischen oder wissenschaftlichen Stil die Zeitschrift bevorzugt. Auch sollte man sich das Titelblatt in seiner endgültigen Form ansehen – es ist nicht nötig, ein komplettes Blatt mit Titelkopf und Schlagzeilen zu erstellen, aber man sollte beachten, wie diese Elemente mit den eingereichten Bildern harmonieren. Bevor die finale Version eines Titelbildes entwickelt wird, sollte man zunächst verschiedene Entwürfe mit unterschiedlichen Farbpaletten rund um das Thema konzipieren und sich dann mit den Herausgebern in Verbindung setzen, um zu sehen, ob sie Interesse haben und was funktionieren könnte.

Hardy: Wer fällt die Entscheidung, welches Titelbild ausgewählt wird?

Jermy: Bei »Nature Microbiology« besprechen wir alle eingereichten Vorschläge im Team, treffen eine Vorauswahl und stimmen dann unter den letzten verbliebenen Optionen ab. Die ultimative Entscheidung liegt beim Art Editor und beim Chefredakteur.

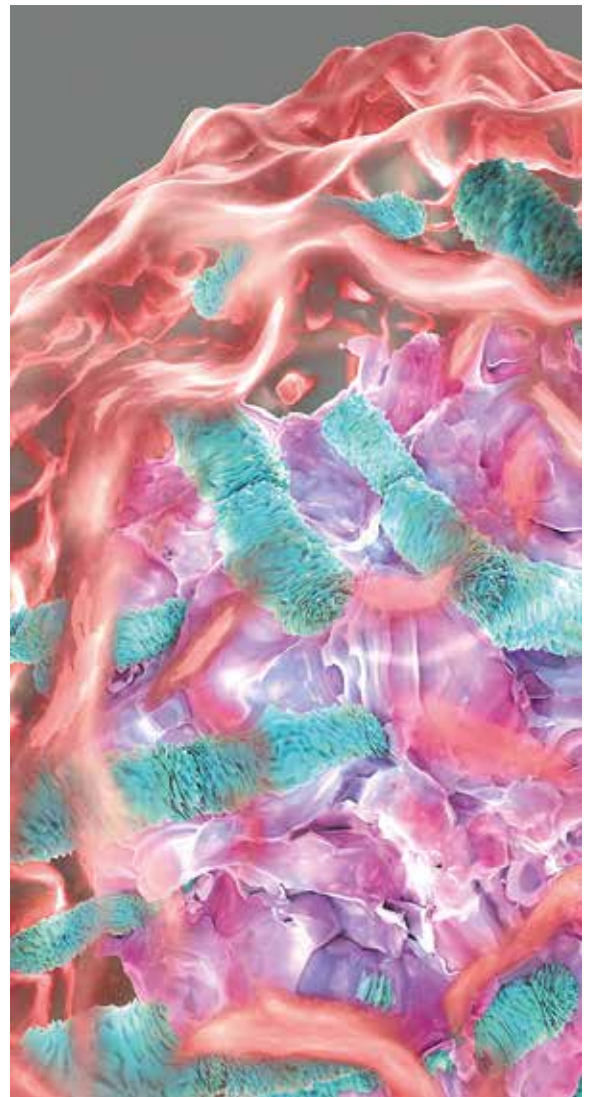
Hardy: Was gefiel dem Team an den von uns eingereichten Vorschlägen zur Publikation von van Wijk et al. am besten?

Jermy: Bei dem Bild, das wir für den Titel unserer Juli-Ausgabe ausgewählt haben, gefiel uns, dass einerseits die im Zytosol treibenden Salmonellen unter der Zelloberfläche klar dargestellt waren, andererseits das Bild eine abstrakte, fast schon handgemalte Qualität aufwies, mit einer einfachen und komplementären Farbpalette und einem Aufbau, der es uns leicht machte, es in die Titelgestaltung zu integrieren. Das Bild hat ganz klar mit Mikrobiologie zu tun, und gleichzeitig ist es wunderschön.

ZUR PERSON



Andrew Jermy ist Chefredakteur von »Nature Microbiology«. Der promovierte Molekularbiologe kam 2008 zu »Nature Reviews Microbiology« und hat in den darauffolgenden knapp fünf Jahren als »Associate Editor« eine wahre Leidenschaft für die Mikrobiologie entwickelt, insbesondere für neue Wege, um mit der wissenschaftlichen Community in diesem Feld zu kommunizieren. 2013 wurde Jermy zum »Senior Editor« im Nature-Redaktionsteam berufen, 2015 übernahm er schließlich die Einführung der neuen Zeitschrift »Nature Microbiology«.



WIE ELLA MARUSHCHENKO ZUR WISSENSCHAFTLICHEN ILLUSTRATION KAM

Ella Marushchenko entschied sich für eine Karriere als wissenschaftliche Illustratorin, nachdem sie zuvor Grafikdesign studiert hatte. Die geborene Russin zog nach dem Studium 2012 mit ihrem Mann in die USA, der dort eine Position als Forscher angenommen hatte. Durch den damaligen Chef ihres Mannes, der sich mit Materialwissenschaften befasste, kamen die ersten Aufträge. Schnell sprach sich die Qualität ihrer Arbeit herum. Schließlich eröffnete Marushchenko ihr eigenes Grafikatelier, spezialisiert auf aufmerksamkeitsstarke wissenschaftliche Illustrationen und Animationen. Als Art Editor übernimmt sie vor allem das Design der Grafiken und Bilder. An ihrer Seite arbeitet eine Gruppe von Forschern, die für die wissenschaftlichen Aspekte der Illustrationen verantwortlich sind. Zu den Kunden zählen namhafte Universitäten auf der ganzen Welt, und die Ella-Marushchenko Entwürfe sind regelmäßig auf den Titeln von Fachjournalen zu sehen.

Link zu Ella Maru Studio:
www.scientific-illustrations.com

Lichtpuls eingeschaltet und leuchten dann lang genug, um die Position zu markieren. Würden alle Lichtsignale gleichzeitig erscheinen, so sähe man nur Brei, denn das Signal selbst ist aufgrund der Beugung etwa 100-fach größer als die Ubiquitin-Kette, mit der es verknüpft ist.

Tatsächlich stellt das linke, originale Bild einen echten Durchbruch dar: Dank der extrem hohen Auflösung erkannten die Frankfurter Forscher erstmals, dass die Oberfläche von Salmonellen wie eine Signal-Plattform wirkt. Sjoerd van Wijk, der als Postdoktorand in den Laboren von Ivan Dikic und Simone Fulda das Projekt bearbeitete, erläutert: »Von dieser Plattform aus werden – ähnlich einem Funkmast – hochspezifische Signale in andere Teile der Zelle gesendet, die dann z. B. die umfassende Abwehrreaktion gegen den unerwünschten Eindringling auslösen.« In die Experimente waren neben den Teams von Dikic und Heilemann weitere Kooperationspartner in Frankfurt und Japan involviert, bis schließlich die Geschichte so rund war, dass sie zur Veröffentlichung eingereicht werden konnte.

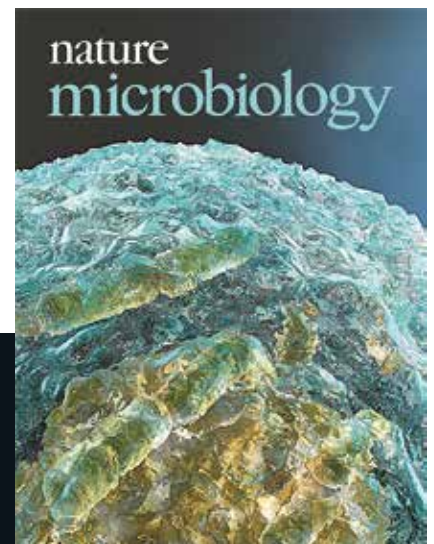
Visionär, futuristisch, aber faktisch richtig

Nachdem das Manuskript von »Nature Microbiology« zur Publikation akzeptiert worden war [2], sollten die Autoren – wie allgemein üblich – Ideen für Titelbilder einreichen. Neben den Frankfurter Ergebnissen standen auch die einer befreundeten Arbeitsgruppe aus Cambridge (UK) zur Veröffentlichung in derselben Ausgabe an. So überlegten die Forscher gemeinsam, um sich nicht unnötig gegenseitig Konkurrenz zu machen. Bei einer Zeitschrift wie »Nature Microbiology« war allen Beteiligten klar, dass eine gewisse künstlerische Interpretation vonnöten sein würde, um es auf den Titel zu schaffen. Für die meisten anderen sei eine schicke Grafik eben ansprechender als das

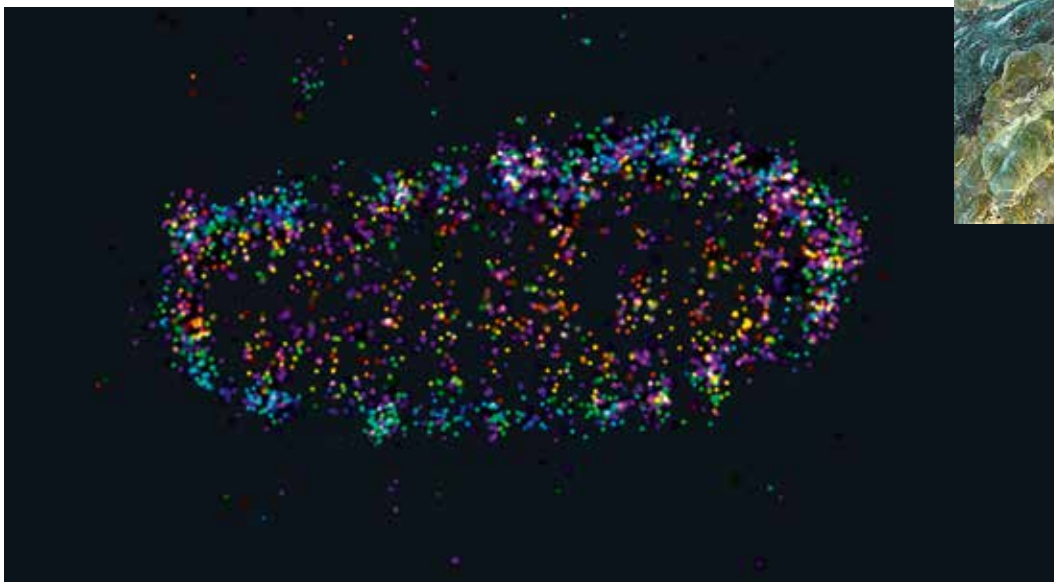
reale Bild, so Heilemann. Denn letztendlich muss das gesamte Redaktionsteam überzeugt werden (siehe auch Interview mit Chefredakteur Andrew Jermy).

»Visionär und futuristisch sollte es sein, aber das Bakterium innerhalb des Zytoplasmas sollte erkennbar bleiben. Insbesondere, dass die Signale von verschiedenen Arealen auf der Oberfläche ausgehen, die ganz bestimmte Ubiquitin-Ketten tragen«, erläutert Ivan Dikic. Zur Umsetzung schaltete er eine wissenschaftliche Illustratorin ein, Ella Marushchenko von Ella Maru Studio. »Abgesehen von den wissenschaftlichen Fakten und den Originalaufnahmen aus dem Mikroskop haben wir versucht, der Künstlerin freie Hand zu lassen. Wir wollten ihre Kreativität nicht limitieren«, so Dikic.

Dennoch war den Forschern wichtig, die Kernbotschaft ihrer bahnbrechenden Entdeckung rüberzubringen: Intrazellulär vorliegende Bakterien aktivieren zahlreiche Signalwege, die dann in den Zellkern, an das Zytoskelett oder die Entsorgungsmaschinerie der Zelle weitergeleitet werden. Ella Marushchenko entschied sich für eine Computer-generierte molekulare Illustration. Die Grafikerin bedient sich dabei spezieller Software zur Visualisierung von 3-D-Bildern. »Zunächst kreierte ich ein 3-D-Modell des Bildes, dann bearbeite ich Struktur, Farben, Kontraste«, erläutert sie. Als Ausgangspunkt erhielt sie neben den mikroskopischen Aufnahmen einen einfachen Entwurf der bakteriellen Signalplattform mit allen wissenschaftlichen Details. »Die Autoren wollten zunächst die unterschiedlichen Signale auf der Oberfläche der Bakterien durch sehr auffällige Farben symbolisieren. Das gefiel mir nicht so, denn diese Farbflecken zogen die gesamte



ORIGINAL UND COVER
Originalbild einer Salmonelle mit fortgeschrittener Mikroskopier-Technik aufgenommen und Titelblatt von »Nature Microbiology«, Juli 2017. Die Grafik stellt Salmonellen unter der Oberfläche einer Zelle dar.



Literatur

1 Editorial,
Nature Chemistry,
2010, 2: 147

2 van Wijk, Fricke et al.,
Nature Microbiology,
2017, 2: 17066, doi:10.1038/
nmicrobiol.2017.66.

Aufmerksamkeit auf sich. Also schlug ich weitere Versionen in helleren Farben vor«, berichtet Ella Marushchenko. Am Ende wurden verschiedene Versionen eingereicht – und die von der Fachfrau favorisierten helleren Farben gewannen das Rennen.

Ob die Mühe für die Titelstory sich lohnt?

Ob die Ehre, auf den Titel gehoben zu werden, wirklich die Mühe wert ist? In einer Zeit, in der die Bedeutung von Druckausgaben immer weiter abnimmt? Dikic ist überzeugt: »Die Erfahrung zeigt, dass eine Titelstory nach wie vor viel Aufmerksamkeit in der wissenschaftlichen Community erzeugt. Auch wenn die Entscheidung im Redaktionsteam vermutlich eher künstlerisch-ästhetisch denn wissenschaftlich getrieben ist. Die wissenschaftliche Qualität ist ja bereits attestiert, denn alle in einem Nature-Journal erscheinenden Artikel haben im *peer-review* Verfahren dieselben hohen Hürden erfolgreich genommen.«

Im Juli erschien schließlich eines der vorgeschlagenen Bilder auf dem Titel. Das Ende bleibt – selbstverständlich – ein vorläufiges, denn die Frankfurter Forscher sind bereits den nächsten Teilen des bakteriellen Puzzles auf der Spur. ●



Die Autorin

Dr. Kerstin Koch, Jahrgang 1972, ist wissenschaftliche Managerin des Instituts für Biochemie II am Universitätsklinikum der Goethe-Universität. Sie studierte Biochemie / Molekularbiologie in Hamburg und absolvierte ein journalistisches Aufbaustudium in Hannover. Für sie war es reizvoll, mit diesem Beitrag einmal wieder die journalistisch-kreativen Fähigkeiten auszupacken und zum Thema »Bild in der Wissenschaft« aus verschiedenen Blickwinkeln beizutragen.

k.koch@em.uni-frankfurt.de

www.biochem2.com

– Anzeige –

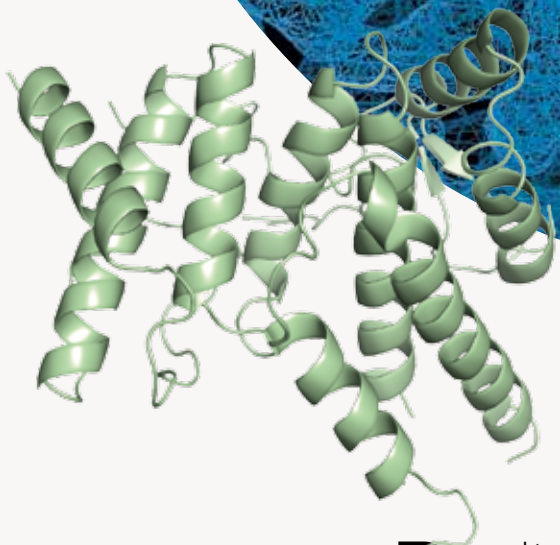
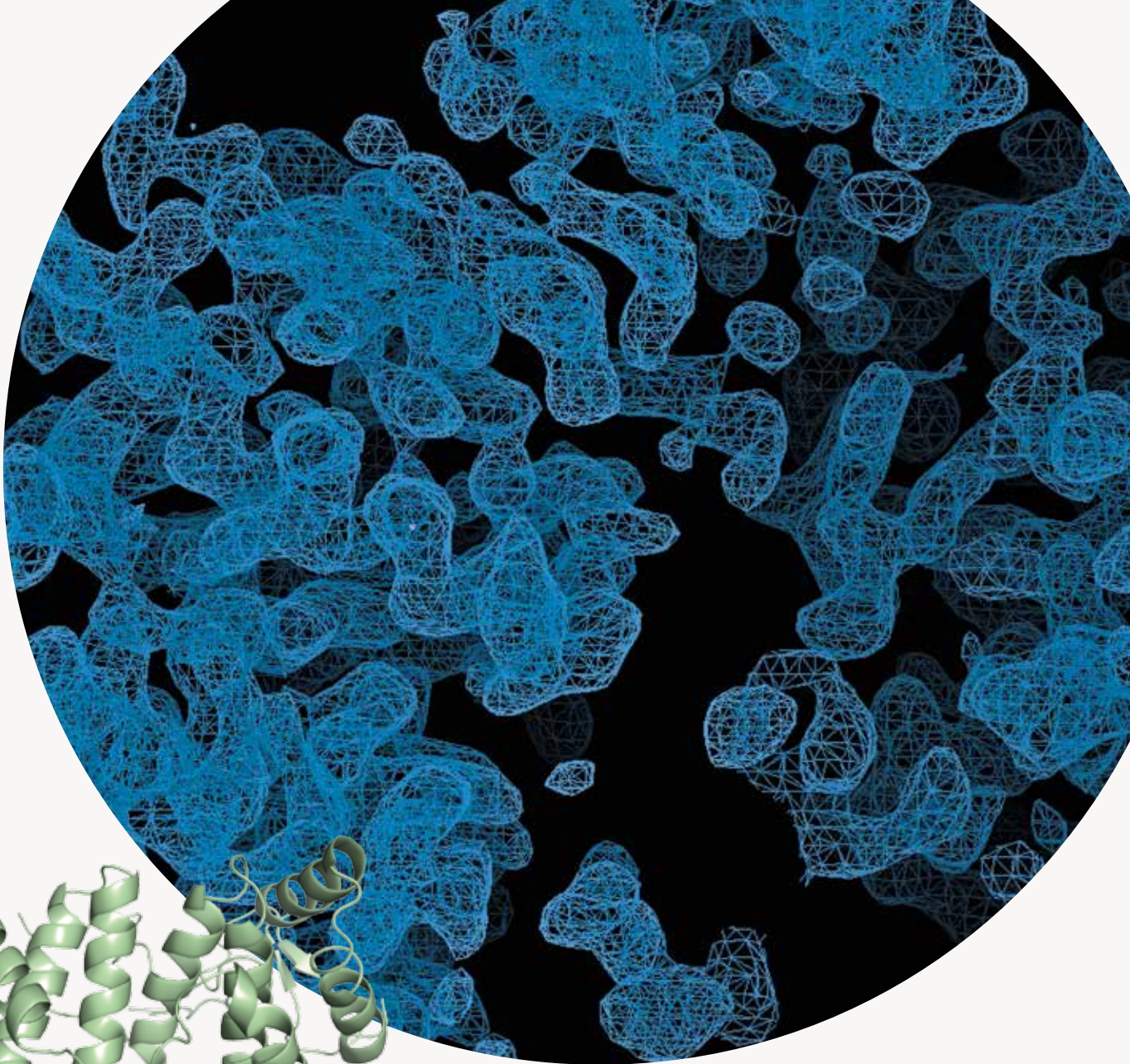
MEINE ZUTAT FÜR
EINE ZUKUNFT IN
VIETNAM: AUSBILDUNG

Die Welt ist voller
guter Ideen.
Lass sie wachsen.

MISEREOR
● IHR HILFSWERK



Werden Sie Teil spannender Projekte und helfen Sie Menschen wie Francis Van Hoi, Jugendlichen aus armen Familien eine Ausbildung zu ermöglichen. Seine Geschichte unter: www.misereor.de/francis



Dr. Sagar Bhogaraju

ist Postdoktorand im Labor von Prof. Ivan Dikic am Buchmann Institut für Molekulare Lebenswissenschaften.

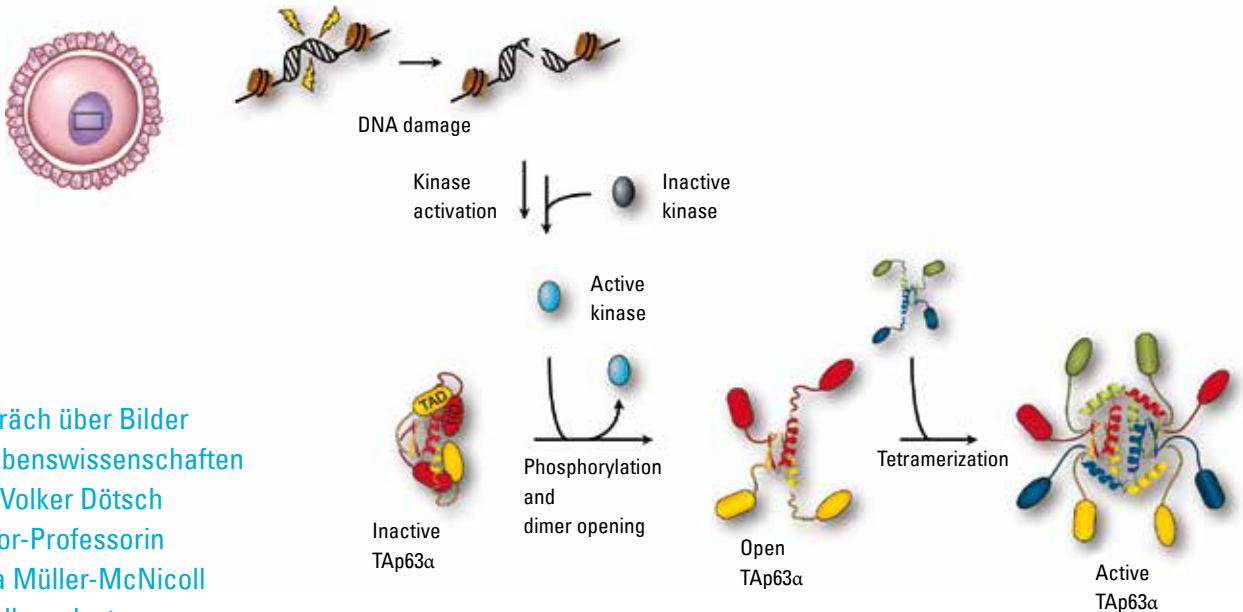
Das rechte Bild stellt die Elektronendichte eines menschlichen Proteins dar, gewonnen durch die Röntgenstrahl-Beugung an Kristallen dieses Proteins. Die Struktur hat Sagar Bhogaraju 2016 aufgeklärt. Das linke Bild stellt ein erstes Strukturmodell auf der Basis der gemessenen Elektronendichte dar.

Gemeinsam unterstreichen diese beiden Bilder die Schönheit und Komplexität der Röntgenkristallographie. Links ist ein scheinbar unordentlich angeordnetes Netz zu sehen, tatsächlich zeigt das Bild jedoch die Verteilung der Elektronendichte in einem menschlichen Protein. Sie wurde berechnet aus

der Beugung, die Röntgenstrahlen am Kristallgitter dieses Proteins erfahren. Ein geübter Kristallograph erkennt darin bereits wichtige Strukturelemente des Proteins, Helices und sogenannte Beta-Faltblätter. Für einen Wissenschaftler ist das ein Heureka-Moment. Dann beginnt der akribische Teil, bei dem wir einzelne Atome (bzw. Aminosäuren) in die Elektronendichte-Verteilung einpassen, um schließlich zu dem Strukturmodell auf der linken Seite zu gelangen. Eine solche Proteinstruktur verrät eine Menge über bislang nicht bekannte zelluläre Funktionen des Proteins und ebnet damit den Weg für spannende zukünftige Experimente.

Lieblingsbild

»Ästhetisch ist, was hilft«



Ein Gespräch über Bilder in den Lebenswissenschaften mit Prof. Volker Dötsch und Junior-Professorin Michaela Müller-McNicoll vom Exzellenzcluster Makromolekulare Komplexe.

Qualitätskontrolle in Eizellen

Dr. Anne Hardy: Machen Sie häufig Zeichnungen, um Ihre Forschung zu veranschaulichen?

Junior-Professorin Dr. Michaela Müller-McNicoll: Tatsächlich habe ich schon oft festgestellt, dass es schwierig ist zu erklären, was ich mache. Denn die meisten Leute steigen schon bei dem Wort RNA aus. Dann fällt es vielen auch schwer, sich vorzustellen, wie sie funktioniert. Ich muss meistens sehr weit ausholen. Das merke ich auch bei meinen Vorlesungen im Masterkurs. Selbst da fängt man praktisch bei Null an.

Dr. Dirk Frank: Sind denn Visualisierungen aus Ihrer Sicht auch wichtig für den Lernprozess?

Müller-McNicoll: Visualisierungen sind absolut essenziell. Die heutige Studentengeneration ist sehr visuell ausgerichtet.

»Je nachdem, mit wem man dann spricht, verwendet man verschiedene Abbildungen.«

Frank: Können Sie ein paar Beispiele nennen, welche Arten von Visualisierungen Sie verwenden?

Prof. Volker Dötsch: Wir kombinieren sehr unterschiedliche Techniken miteinander, zum Beispiel machen wir Schnitte durch die Eierstöcke und färben die Eizellen an, um zu schauen, wie viele nach einer Chemotherapie noch vorhanden sind. Das sind ganz einfache, mikroskopische Abbildungen. Andererseits sind wir auch Strukturbiologen, das heißt, uns interessiert die dreidimensionale Struktur eines Moleküls. Und die kann man nicht direkt sehen.

Und je nachdem, mit wem man dann spricht, verwendet man verschiedene Abbildungen. Wenn ich mich zum Beispiel mit einem Strukturbiologen darüber unterhalten möchte, wie der Aktivierungsmechanismus unseres Proteins ist, dann muss ich die chemische Struktur genau wissen: An der Aminosäure hängt hinten eine Phosphatgruppe und die beiden haben einen bestimmten Abstand und Winkel zueinander. Dann kann ich die elektrostatische Abstoßung ausmessen und im Detail erklären, wie dieser Mechanismus funktioniert.

Wenn ich dagegen einen zwanzigminütigen Vortrag vor einem eher medizinisch orientierten Publikum halte, ist a) keine Zeit für derartige Details, b) interessieren sich die meisten Leute nicht dafür, sondern möchten wissen: Welches Enzym ist dafür verantwortlich? Wann findet diese Phosphorylierung statt? Da muss ich mit mikroskopischen Bildern

arbeiten oder mit Schemata: einem Kreis, der mit einem Dreieck interagiert und von ein paar anderen Kreisen modifiziert wird.

Hardy: Aber das detaillierte Strukturmodell kommt der Realität am nächsten?

Dötsch: Natürlich. Aber dieses Modell beruht auf einer Vielzahl von Messungen. Es ist das nicht das Gleiche, wie wenn ich durch ein Supermikroskop schaue und gleich die dreidimensionale Struktur erkenne. Mit unserer Hauptmethode, der NMR-Spektroskopie, messen wir sehr viele Parameter, die mir die Struktur indirekt bestimmen. Üblicherweise sind es zehn bis fünfzehn verschiedene NMR-Experimente, die jedes zwischen ein und vier Tagen Messzeit in Anspruch nehmen. Durch die Kombination all dieser Informationen und mithilfe aufwendiger Strukturrechenverfahren bekomme ich letztendlich ein Modell der Struktur.

Abstrakte Diagramme bringen die Story besser rüber.

Müller-McNicoll: Bei uns ist es ähnlich. Wir arbeiten viel mit Lichtmikroskopie, wo wir fluoreszente Markerproteine mit unseren RNA-bindenden Proteinen fusionieren, um sie sichtbar zu machen. Wir können dann spezifische RNAs anfärben und schauen, mit welchem der Proteine sie interagieren. Das ist schon eine direkte Abbildung der Proteine, nur ist die Auflösung sehr gering. Man sieht nur Punkte oder Wolken im Raum. Ansonsten schließen wir die Zellen auf und schauen sie uns molekularbiologisch an. Um wieder auf ein Modell oder ein Bild zu kommen, testet man zuerst, welche Faktoren eine Rolle spielen. Den Mechanismus illustrieren wir dann eher durch Symbole wie Kreise, Dreiecke und Pfeile.

Frank: Das ist ja ein hoher Grad an Abstraktion.

Müller-McNicoll: Ja. Absolut. Meiner Meinung nach sollte es nicht zu kompliziert werden, sondern sich auf die drei, vier, fünf Dinge fokussieren, die man aufgrund der Daten miteinander in Verbindung bringen kann. Alles andere wird ausgeblendet.

Dötsch: Es hängt aber auch stark davon ab, was man machen möchte. In Vorträgen gibt es nichts Schlimmeres, als wenn jemand sämtliche Primärdaten zeigt. Denn wenn man die Experimente nicht kennt, hat man als Zuhörer keine Chance zu folgen, selbst wenn man in dem Feld arbeitet. Da ist es viel besser, die Primärdaten auf das Allerwesentlichste zu reduzieren und mit abstrakten Diagrammen zu arbeiten, um einfach die Story rüberzubringen. Das sieht anders

aus, wenn ich eine Publikation mache. Ich muss also in unterschiedlichen Settings verschiedene Abstraktionslevels bedienen.

Müller-McNicoll: Es ist schon eine Kunst, immer genau zu wissen: Wer ist mein Gegenüber? Und dann das richtige Abstraktionslevel zu verwenden. Man muss eben etwas wirklich durchdrungen haben, um es verständlich rüberbringen zu können.

QUALITÄTSKONTROLLE IN EIZELLEN

Ein Forschungsschwerpunkt der Arbeitsgruppe von Volker Dötsch ist die Qualitätskontrolle in Eizellen. Frauen werden mit all ihren Eizellen geboren. Sie müssen deren Qualität über 40 bis 50 Jahre bewahren. Eine Hauptrolle spielt dabei das Protein P63, ein Verwandter des berühmten Tumorsuppressorproteins P53. Letzteres löst bei einer Schädigung der DNA den programmierten Zelltod (die Apoptose) aus und verhindert dadurch die Entstehung von Krebs. Das verwandte Protein P63 kommt hingegen in weiblichen Eizellen gehäuft vor. Dötsch und seine Mitarbeiter haben herausgefunden, dass dieses Protein dort in einer inaktiven Konformation (als Dimer) schlummert, während seine aktive Konformation ein Tetramer ist.

Medizinisch relevant ist diese Forschung vor allem für die Krebstherapie: Viele Chemotherapeutika schädigen die DNA – insbesondere die extrem sensitiven Eizellen. Dann wird P63 aktiviert und die Eizellen sterben. Die Frauen werden dadurch nicht nur unfruchtbar, sondern gehen – unabhängig von ihrem Alter – direkt in die Wechseljahre über. Die Forscher suchen nun nach Möglichkeiten, den Übergang des P63 in die aktive Form zu verhindern, so dass die Eizellen erhalten bleiben.

Prof. Volker Dötsch, Jahrgang 1967, ist Professor am Institut für Biophysikalische Chemie und Sprecher des Exzellenzclusters Makromolekulare Komplexe. Er studierte Chemie in Göttingen und promovierte 1994 an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich. Nach seiner Zeit als Post-Doktorand an der Harvard Medical School, USA (1994–1998) lehrte er bis 2009 an der University of California in San Francisco, zuletzt als Adjunct Assistant Professor. 2003 nahm er einen Ruf an die Goethe-Universität an. 2011 erhielt er ein Koselleck-Stipendium, mit dem die Deutsche Forschungsgemeinschaft besonders innovative und im positiven Sinne risikobehaftete Forschung fördert.

vdoetsch@em.uni-frankfurt.de



DIE VIELFALT RNA-BINDENDER PROTEINE

Michaela Müller McNicoll erforscht Proteine, die Ribonukleinsäuren (RNA) binden. Das sind Botenmoleküle, die im Zellkern von der DNA abgeschrieben werden und dann den genetischen Code ins Zytoplasma transportieren. Dort wird dieser Code von Ribosomen entschlüsselt und dient als Bauplan für die Synthese von Proteinen. Damit aus der abgelesenen RNA ein fertiges Botenmolekül entstehen kann, bekommt sie zuerst eine Schutzkappe am Vorderende. Dann werden nicht-codierende Bereiche herausgeschnitten und die codierenden Bereiche wieder zusammengefügt. Schließlich wird die RNA chemisch modifiziert und bekommt am hinteren Ende eine weitere Schutzgruppe. Das Botenmolekül ist nun fertig, stabil und bereit für den Kernexport. All diese Prozessierungsschritte werden von RNA-bindenden Proteinen durchgeführt.

Medizinisch ist das relevant, weil Mutationen in RNA-bindenden Proteinen viele verschiedene Krankheiten auslösen. Sehr prominent ist die ALS, die Amyotrophe Lateralsklerose. Bei dieser Krankheit häufen sich mutierte RNA-bindende Proteine im Zytoplasma an, verklumpen und bilden sogenannte plugs, die immer größer werden, die Zelle »verstopfen« und den Zell-Metabolismus lahmlegen. Nervenzellen, die vom Gehirn über das Rückenmark bis zu den Muskeln reichen, sind besonders anfällig für diese Störungen und sterben zuerst ab. Die Muskeln werden nun nicht mehr stimuliert und sterben ebenfalls ab. Müller-McNicoll erforscht, wie es zu diesen Störungen im RNA-Haushalt kommt und wie die Zelle versucht, diese zu vermeiden.

Juniorprofessorin Dr. Michaela Müller-McNicoll, Jahrgang 1975, leitet die Arbeitsgruppe »RNA-Regulation in höheren Eukaryonten« im Exzellenzcluster Makromolekulare Komplexe. Sie studierte Biologie an der Humboldt-Universität in Berlin und erwarb anschließend ein Diplom in Biochemie an der Laval University, Quebec, Kanada. Dort schloss sie auch 2009 ihre Doktorarbeit ab. Von 2010 bis 2014 war sie Post-Doktorandin am Max Planck-Institut für Molekulare Zellbiologie in Dresden und an der Yale University in New Haven, USA.

mueller-mcnicoll@bio.uni-frankfurt.de



Frank: Gibt es denn in einem Gespräch mit Fachkollegen klare Metakonventionen, wie man eine Datenlage seriös aufarbeitet? Wie kann ich verhindern, dass mir jemand vorwirft: Diese vereinfachten oder abstrahierten Bilder sind ja irreführend.

Dötsch: Das ist schon disziplinspezifisch, welche Daten ich mit welcher Darstellungsart und -weise zeigen kann und zeigen soll.

Müller-McNicoll: Aber es gibt durchaus einen Konsensus, was Statistik angeht.

Welche Art von Darstellung man bei welcher Art von Daten anwendet, darüber sind sich die Disziplinen schon einig.

»Die Struktur ergibt sich aus sehr vielen NMR-Spektren und aufwendigen Rechenverfahren.«

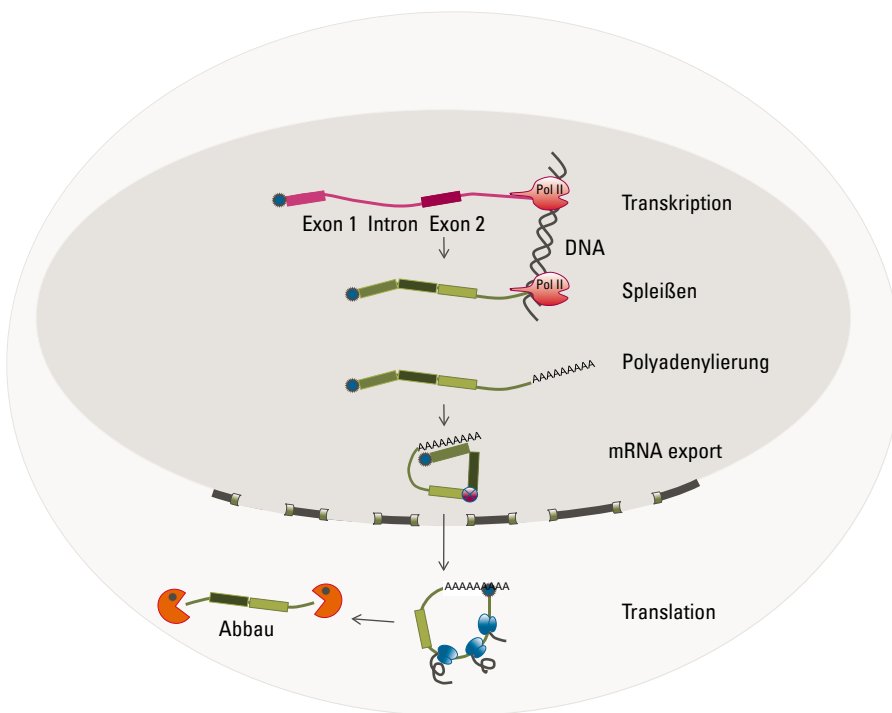
Hardy: Sind die Primärdaten für die Wissenschaftler, die im gleichen Feld arbeiten, direkt vom Augenschein her verständlich? Oder muss man sie noch mit spezieller Software bearbeiten, um Korrelationen zu sehen und sie interpretieren zu können?

Dötsch: Das ist sehr unterschiedlich. Ein NMR-Spektrum kann jeder NMR-Spektroskopiker anschauen und sagen, ob es von einem Protein stammt oder von einer RNA, oder ob das Protein gefaltet ist. Aber niemand kann aufgrund des Spektrums sagen, wie die Struktur aussieht. Da sind, wie gesagt, Kombinationen aus sehr vielen Spektren und sehr aufwendige Rechenverfahren notwendig.

Frank: Was hat sich denn für Sie durch die Digitalisierung in den vergangenen Jahren geändert?

Dötsch: Ich habe als Doktorand und Postdoc noch Vorträge mit Dias gehalten. Damals war es sehr viel komplizierter, Abbildungen zu machen. Dazu musste man Strukturen vom Bildschirm abfotografieren. Und es gab keine Animationen. Vielleicht musste man sich sogar noch mehr Gedanken darüber machen, wie man etwas darstellte. Und wenn man das Foto geschossen hatte und im Flieger zur Konferenz saß, konnte man nichts mehr verändern. Heute werden die Vorträge häufig erst im Flieger gemacht, um die letzten Ergebnisse noch einbauen zu können. Heute können wir auch Bewegungen zeigen, die gestalterischen Möglichkeiten sind sehr, sehr viel besser geworden. Man kann Wissenschaft genauer und interessanter rüberbringen, als es vor zwanzig Jahren noch der Fall war.

RNA Metabolismus in der Zelle



Hardy: Aber hilft Ihnen das auch, die Daten besser zu verstehen?

Dötsch: Absolut.

Müller-McNicoll: Es kommt auch darauf an, wie stark die Leute auf Visualisierung angewiesen sind. Bei manchen funktioniert es super, wenn man es ihnen erzählt, andere müssen das sehen, vielleicht sogar als 3-D-Modell.

Hardy: Kann es denn auch passieren, dass Sie sich durch die bildliche Darstellung so auf ein Modell festlegen, dass Sie vielleicht übersehen, wenn die Daten Ihnen doch etwas anderes sagen?

Dötsch: Ich glaube, das liegt dann nicht an den Bildern, sondern eher an der Verliebtheit in die eigenen Modelle.

Frank: Aus meinem eigenen Biologieunterricht weiß ich noch: Je realer und je ästhetischer so eine abstrakte Darstellung aussieht, desto eher war ich geneigt zu glauben: Das wird mir direkt aus der Natur vorgeführt.

Dötsch: Ja, und es gibt mittlerweile sogar Vorträge, die aufwendig produzierte

Filme benutzen. Ich denke, der Trend geht dahin, dass mehr davon entsteht.

Müller-McNicoll: Ich empfinde die Vereinfachung und Abstraktion als sehr ästhetisch. Wenn man zu viele Details in so einem Modell zeigt, lenkt das von der Information ab, die man vermitteln will.

Hardy: Also Ästhetik ist das, was einfach ist?

Dötsch: Ästhetik ist das, was hilft.

Müller-McNicoll: Klare Formen und Linien, nichts, was so ablenkt.

»Im Prinzip beruht alles, was wir machen, auf vereinfachenden Modellen.«

Hardy: Ich meinte jetzt weniger Ästhetik bei der Präsentation, sondern zum Beispiel Schönheit, die sich aus Ordnung oder Symmetrien ableitet.

Dötsch: Symmetrie ist natürlich ein enorm wichtiges Ordnungsprinzip in der Natur. Es gibt sehr viele symmetrische Interaktionen. Deshalb ist es immer etwas Besonderes, wenn man etwas Asymmetrisches findet.

Frank: Braucht man also Ordnung, um die Natur in ihrer Vielfalt und Komplexität darstellen zu können?

Müller-McNicoll: Nehmen wir die Zelle als Beispiel. Sie ist dicht gepackt mit Tausenden von Proteinen. Das ist wie eine Menschenmenge bei einem Konzert. Wenn man sie jetzt darstellen würde, wie sie wirklich ist, dann könnte man überhaupt keine Prozesse illustrieren. Man sollte sich eher drei Aspekte herausziehen, die man wirklich beschreiben will. Was zwischendurch alles stattfindet und wie es miteinander verbunden ist, das kann man überhaupt nicht erfassen.

Dötsch: Zum Beispiel verstehen wir inzwischen genau, wie die Eizellen sich entwickeln. Ursprünglich werden sieben Millionen Eizellen angelegt, die bei der Geburt erstmal auf zwei Millionen Eizellen reduziert werden und dann langsam weiter abnehmen bis auf ungefähr 1000. Das geschieht über viele Jahre durch sehr viele Prozesse und verschiedene Zellstadien. Trotzdem müssen wir für unsere Experimente eine Vereinfachung machen, weil man nicht von vornherein mit der gesamten Komplexität anfangen möchte. Im Prinzip beruht alles, was wir machen, auf vereinfachenden Modellen. Es besteht natürlich immer die Gefahr, dass wir zu stark vereinfachen. Das ist gerade in der Biologie eines der ganz großen Probleme, dass es keinen Standardzustand gibt. Wir benutzen nicht alle dieselbe Zelllinie mit denselben Expressionsvektoren und arbeiten nicht unter denselben Bedingungen. Dadurch gibt es häufig genau entgegengesetzte Resultate von verschiedenen Gruppen.

Müller-McNicoll: Ein schönes Beispiel ist das Endoplasmatische Retikulum – dieses große Gebilde um den Zellkern herum. Über Jahre wurde angenommen, dass es aus Schichten besteht, weil man es nicht besser sehen konnte. Mittlerweile sind die Mikroskopie und die bildgebenden Verfahren so viel besser geworden, dass man voriges Jahr ent-

deckt hat: Das sind gar keine Schichten, sondern ein Netzwerk, das sich ständig ändert und neu verknüpft. Und sowas ändert natürlich das komplette Lehrbuchwissen. Man muss also Sachen neu überdenken, weil sich die Technik verbessert, insbesondere die bildgebenden Verfahren.

Hardy: Das heißt, Sie können aus Bildern auch neue Fragestellungen ableiten?

Müller-McNicoll: Genau. Wenn man zum ersten Mal ein neues Mikroskop ausprobieren und dann sieht man etwas, was man vorher nur erraten hat, ergeben sich natürlich komplett neue Forschungsfelder. Wie funktioniert das und wie ist das verknüpft und reguliert? Das ist fantastisch.

»Das Bild ist Fluch und Segen zugleich.«

Frank: Bilder können von Laien auch falsch interpretiert werden, zum Beispiel die Poster beim Hautarzt, die Formen von Hautkrebs zeigen. Wenn man die ansieht, könnte man meinen: Mein Körper ist mit Hautkrebs übersät.

Müller-McNicoll: Das Bild ist Fluch und Segen zugleich. Jedes Gehirn interpretiert ein Bild eventuell anders. Und wenn man sich wirklich nur das Bild anschaut und nicht die Beschreibung dazu, kann eine völlig andere Botschaft ankommen als die, die man als Bildautor eigentlich im Sinn hatte. Die richtige Bildunterschrift ist daher auch ein essenzieller Teil der Informationsvermittlung.

Hardy: Weil man Erfahrung braucht, um ein Bild zu deuten, so wie Sie das bei den NMR-Spektren beschrieben haben, Herr Dötsch. Man sieht nur, was man weiß. Interessant wird es, wenn etwas auftaucht, was man nicht einordnen kann.

Dötsch: Ja, dann wird's interessant.

Müller-McNicoll: Ja, auf jeden Fall.

Frank: Es gibt ja diesen alten Kampf zwischen Realisten und Konstruktivisten. Man könnte meinen, dass Naturwissenschaftler mit immer besseren Mikroskopen einfach immer weiter in den Mikrokosmos reinzoomen. Aber Sie halten nicht einfach die Kamera drauf, sondern erzeugen viele Bilder erst dadurch, dass Sie wenig anschauliche Primärdaten durch aufwendige Rechenbearbeitung. Das hat ja auch etwas Konstruiertes.

Dötsch: Wir versuchen schon, die Realität der Welt abzubilden, wobei das natürlich immer Modelle sind. Jeder lernt schon in der Bachelor-, Master- oder Diplomarbeit, dass man das Wort »beweisen« niemals sagen darf. Mit einem Experiment können wir nichts beweisen, sondern nur etwas zeigen oder vorschlagen. Das heißt: Momentan gibt es keine Daten, die meinem Modell widersprechen. Aber in Zukunft könnte jemand mit besseren Techniken kommen und zeigen, dass das eine Fehlinterpretation war.

Müller-McNicoll: Das liegt auch an der Komplexität der Vorgänge. Wie gesagt, nehmen wir ja meist für unsere Experimente eine Sache aus ihrem Kontext und isolieren sie von allen Einflüssen um sie herum. Zum Beispiel muss man Proteine und RNAs für ein NMR-Spektrum

extrem aufreinigen und konzentrieren. In der Zelle sieht das sicher ganz anders aus. Das muss man im Kopf behalten, aber man bekommt zumindest Einblicke, auf denen man aufbauen kann, um dann später mehr ins Komplexe zu gehen.

Hardy: Ist das nicht ein bisschen wie bei dem Betrunkenen, der seinen Schlüssel unter der Straßenlaterne sucht, weil er da gerade Licht hat?

Müller-McNicoll: Das ist schon ein bisschen so, aber auch eine Art, wie man den Job noch eine Weile haben kann (lacht).

Frank: Bilder zu erzeugen, ist heute wahrscheinlich einfacher denn je. Verleitet das auch zur Fälschung?

Dötsch: Natürlich ist es heute viel einfacher, Daten zu fälschen. Ich kann mit PowerPoint oder Illustrator Gele erzeugen, die täuschend echt aussehen. Es wird immer wieder aufgedeckt, dass Daten so dargestellt werden, dass sie zu einem Modell passen, auch wenn die Experimente nie gemacht worden sind. Deshalb muss man bei den meisten Journalen heute die Originalfiguren einschicken, mit all den verschiedenen Ebenen der Analyse, so dass die Gutachter erkennen können, ob etwas manipuliert worden ist.

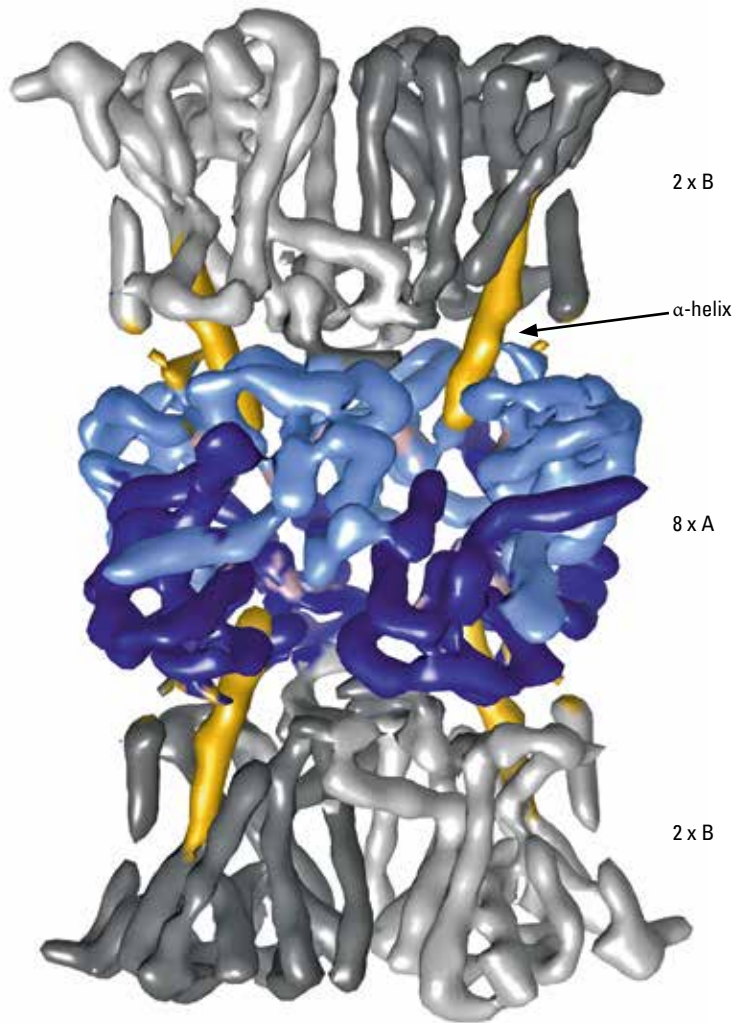
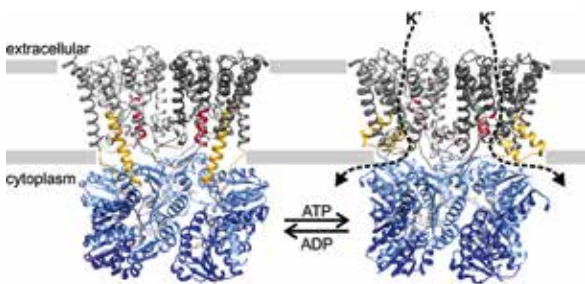
»Wenn die Abbildungen schlampig sind, liest der Editor das Manuskript nicht.«

Frank: Lernen die Studierenden heute schon, mit der Bildsoftware umzugehen?

Müller-McNicoll: Ich mache am Anfang mit meinen Doktoranden einen Illustrator-Kurs und im Moment machen wir auch einen Figure-Design-Kurs. Das gehört mittlerweile zu den wichtigen Fertigkeiten, denn wenn wir in guten Journalen publizieren möchten, ist die Ästhetik und Qualität der Abbildungen ganz wichtig. Der Editor blättert das Manuskript erst mal durch, und wenn die Abbildungen schlampig gemacht sind, wenn die Farben und Größen nicht stimmen, dann liest er das nicht, obwohl die Daten vielleicht toll sind.



Dirk Frank und Anne Hardy im Interview.

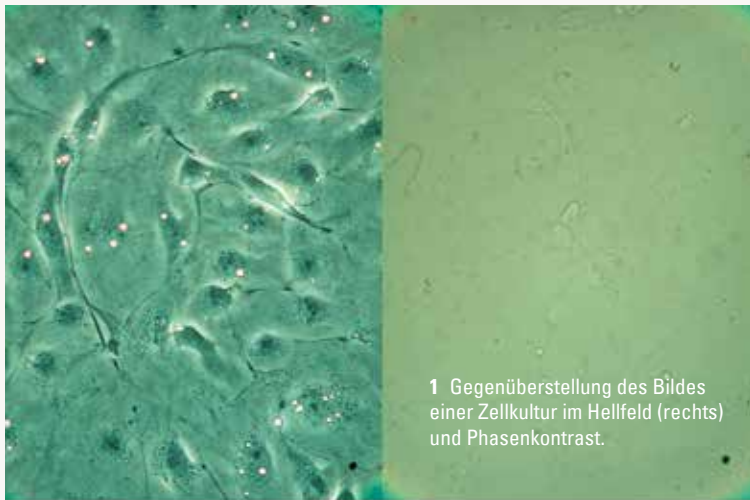


Junior-Professorin Dr. Inga Hänel untersucht am Institut für Biochemie die Struktur und Funktion von Membranproteinen.

Das Bild zeigt die Kryo-EM-Elektrendichtekarte des bakteriellen Kalium-Aufnahmesystems KtrAB mit ADP gebunden mit einer Auflösung von 6.6 Å. Das Bild ist mein Lieblingsbild, weil man bereits auf den ersten Blick eine dramatische Konformationsänderung im Vergleich zu einer früheren ATP-gebundenen Struktur erkennen konnte, nämlich die Ausbildung langgestreckter α -Helices (hier gelb markiert), die die regulatorischen A-Untereinheiten (blau) mit den Kaliumionen-translozierenden B-Untereinheiten (grau) verbinden. Dadurch wird das System in seiner geschlossenen Konformation stabilisiert.

In der ATP- gebundenen Konformation sind diese Strukturen zur Seite geklappt, wodurch das System aktiviert wird. Die Strukturen vergleichend konnten wir erklären, wie die A-Untereinheiten durch Bindung verschiedener Liganden den Fluss von Kaliumionen durch die B-Untereinheiten regulieren. Die kontrollierte Aufnahme von Kaliumionen ist wichtig, um das Überleben der Bakterien in unterschiedlich salzigen Umgebungen zu gewährleisten wie beispielsweise beim Befall eines Wirts.

Lieblingsbild



1 Gegenüberstellung des Bildes einer Zellkultur im Hellfeld (rechts) und Phasenkontrast.

Durchblicke im Rückblick

Prof. Jürgen Bereiter-Hahn
über 40 Jahre Erfahrungen
mit Lichtmikroskopie

Dr. Anne Hardy: Sind Sie ein Mensch, der gern in Bildern denkt und über Bilder kommuniziert?

Prof. Jürgen Bereiter-Hahn: Ja. Ich bin Biologe. Das ist eine Wissenschaft, die sich mit Strukturen beschäftigt und diese sind besonders gut in Bildern darstellbar. Ich achte auch auf den ästhetischen Wert von Bildern, er trägt oft wesentlich zur Verständlichkeit der Aussage bei, besonders in Publikationen. Aber ich bin auch Wort-affin. Es ist mir sehr wichtig, gut zu formulieren. Ich habe auch Philosophie studiert und jetzt arbeite ich mehr in dieser Richtung.

Derzeit beschäftige ich mich mit dem Verhältnis von Biologie und Normen.

Hardy: Wann haben Sie erste Erfahrungen mit dem Mikroskop gemacht?

Bereiter-Hahn: Da war ich sieben Jahre und musste ins Krankenhaus, um operiert zu werden. Eine technische Assistentin hat mich durch das Mikroskop einen Blutaussstrich anschauen lassen. Das hat mich sehr fasziniert.

Hardy: Welche bildgebenden Verfahren waren für Sie im Studium verfügbar und prägend?

Bereiter-Hahn: Das waren die Fotografie und die Lichtmikroskopie.

Hardy: Zu Beginn Ihrer Laufbahn als Hochschullehrer haben Sie im Rahmen einer HBFG-Maßnahme ein Elektronenmikroskop bekommen. Wie hat das Ihre Möglichkeiten in der Forschung erweitert?

Bereiter-Hahn: Ich war einer der Ersten, der an ein und demselben Objekt zuerst die Dynamik der Strukturen im Lichtmikroskop mithilfe von Zeitraffung untersuchte und dann mit dem Elektronenmikroskop die strukturellen Grundlagen dazu erforschte. Mich hat immer die Dynamik von Zellstrukturen interessiert, wie Zellen sich fortbewegen, welche stoffwechselabhängigen Veränderungen Zellorganelle, z. B. Mitochondrien, erfahren.

Fischhautzellen haben, wie auch menschliche Schleimhautzellen, intensiv strukturierte Oberflächen, die ihnen Flexibilität verleihen. Die Zellen ziehen sich zusammen und dehnen sich dann wieder aus. Das beruht auf Änderungen in den fädigen Zytoskelettstrukturen, die aufzuklären mich lange Zeit beschäftigt hat. Dazu habe ich mir erst die Dynamik der Zellen im Lichtmikroskop angeschaut und sie gefilmt. Dann habe ich einzelne Zellen markiert, die ich mit der höheren Auflösung im Elektronenmikroskop genauer untersuchen wollte. Da man für das Elektronenmikroskop dünne Schnitte braucht, mussten diese genau auf den vorher gefilmten Zellen platziert werden. Die Ausbeute für das Wiederauffinden genau der interessierenden Stellen war meist nur etwa 20 Prozent.

Diese Herangehensweise hat mich von der rein deskriptiven Histologie einen Schritt weiter zur Funktion gebracht. Ich habe Bilder stets auch quantitativ analysiert, mit dem Ziel, Kausalketten zu erfassen. Diese Art, Bilder aus der Mikroskopie zu nutzen, um Prozesse zu beschreiben, hat sich in den letzten 50 Jahren sehr weit fortentwickelt.

Hardy: Wie sehen Sie die Wechselwirkung von Theorie und Bild?

Bereiter-Hahn: Das Bild zeigt mir unter Umständen eine Fragestellung. Beispielsweise habe ich Fischschuppen untersucht. Sie bestehen aus übereinanderge-

schichteten Platten aus Kollagenfasern, die je nach Schicht unterschiedlich angeordnet sind. Ich wollte wissen: Wie entsteht die Struktur? Wie organisieren sich die Kollagenfasern? Wir haben dazu einzelne, sich regenerierende Schuppen untersucht und gezeigt, dass die Zellskelettstrukturen im Inneren der Zellen an der Schuppenoberfläche jeweils die Orientierung des Kollagens außerhalb der Zelle bestimmen.

Hardy: Welche Bedeutung haben Bilder für die Lehre in der Zellbiologie?

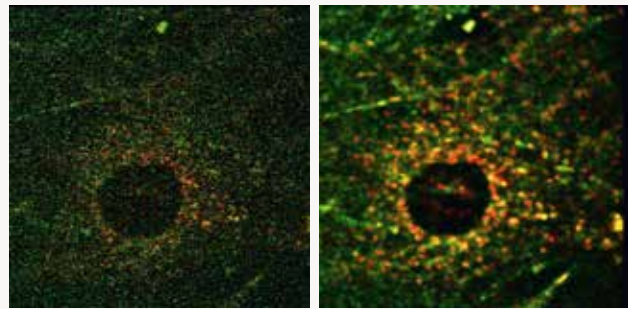
Bereiter-Hahn: In Seminaren habe ich immer wieder festgestellt, dass Studierende sich die Bilder in Lehrbüchern zwar ansehen, ihnen die Interpretation aber schwerfällt. Deswegen bin ich dazu übergegangen, die Bilder ohne Bildtext an die Wand zu projizieren und die Studierenden zu fragen, was sie dort sehen. So ließ sich gut der Wissensstoff zusammen mit einer Einführung in die Bildbeurteilung und Diskussion experimenteller Methoden verbinden.

Hardy: War das auch der Anlass für die Produktion der mit sechs Preisen ausgezeichneten CD-Serie »Die Zelle«?

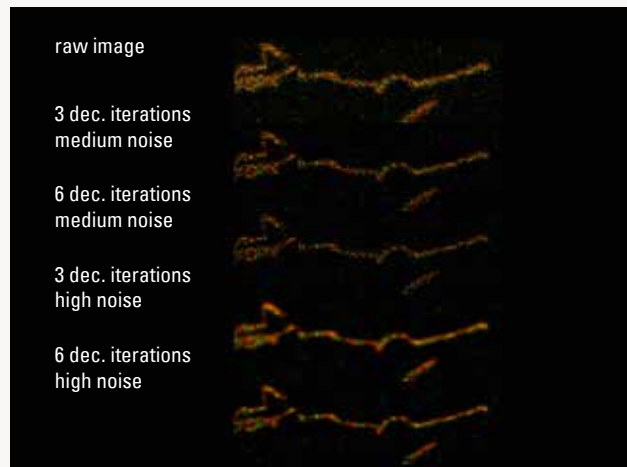
Bereiter-Hahn: Nein, diese Reihe habe ich erst später konzipiert, von 1995 bis 2003. Damals war das Institut für Wissenschaftlichen Film in Göttingen in seiner Existenz bedroht. Mit drei Mitarbeitern haben wir damals versucht, zeitgemäße Lehrmaterialien zu konzipieren und damit für das Institut neue Möglichkeiten zu eröffnen. Die Idee bestand darin, hervorragendes Bildmaterial, Filme und Animationen zur Zellbiologie bereitzustellen, die man auf verschiedenen Niveaus verwenden kann – von der gymnasialen Oberstufe bis zum Seminar im Hauptstudium.

Hardy: Sie waren auch an der Entwicklung des Ultraschallmikroskops der Firma Leitz in Wetzlar beteiligt.

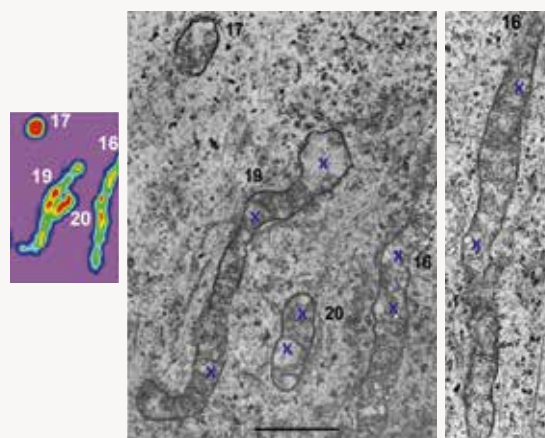
Bereiter-Hahn: Ja, das begann 1983. Da erhielt ich Besuch von Professor Calvin Quate von der Stanford University, dem Erfinder des Ultraschallmikroskops. Die Frage war: Was sehe ich eigentlich auf den Bildern, die das Mikroskop erzeugt? Die Abbildungen von Zellen sahen den-



2 Bildpaar vor und nach der Korrektur durch Dekonvolution. Diese bewirkt eine deutliche Rauschreduktion. Gezeigt ist ein Zellausschnitt: Der schwarze runde Bereich in der Mitte ist der Zellkern, die rot und grün leuchtenden Strukturen sind Transportvesikel.



3 Gruppe von Mitochondrien in einer lebenden Zelle nach Färbung mit einem Farbstoff, dessen Intensität das Membranpotential der Mitochondrien anzeigt. Da Fluoreszenzanregung lebende Zellen schädigt, wird mit möglichst geringer Lichtenergie gearbeitet. Zur Verbesserung des Bildes (raw image) wird das Bild über verschiedene Reinigungsstufen (Dekonvolutionen) von Rauschen und Abbildungsfehlern befreit (z. B. 6 dec. Iterations).

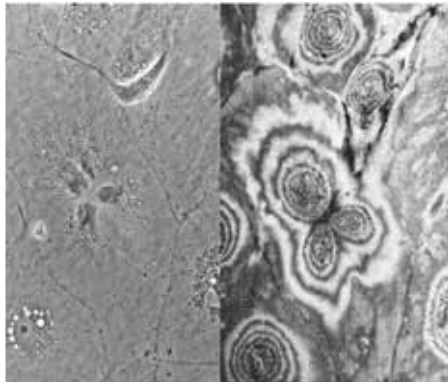


4 Fluoreszenz-gefärbte Mitochondrien im lebendigen Zustand (kleines Bild). Daneben dieselbe Stelle im Elektronenmikroskop. Die mit x markierten, inhaltsleeren Stellen stimmen mit den Zonen hoher Fluoreszenzintensität im kleinen Bild überein. Sie zeigen also auch strukturell den Unterschied zwischen Zonen hohen und geringeren Membranpotentials.

jenigen, die im reflektierten Licht aufgenommen sind, sehr ähnlich, zur Interpretation hatte ich eine Theorie und so war ich an der neuen Methode sehr interessiert, da sie erstmalig eine einfache Darstellung der Steifigkeit von Zellen ermöglichte.

Sowohl der Erfinder als auch die Firma Leitz waren damals überzeugt: Die Methode revolutioniert Medizin. Man dachte, man könne mit dieser Mikroskopie in Gefrierschnitten Tumore noch direkt im OP beurteilen. Das hat sich nicht bewahrheitet.

Wir haben das Ultraschallmikroskop genutzt, um den Ort der Kraft-erzeugung von Zellen während ihrer Fortbewegung sichtbar zu machen, Signaltransduktionen an der Zellmembran zu zeigen und die Mechanik von Zytogelen, das sind Lösungen von Zellproteinen, zu untersuchen – wiederum in Kombination mit anderen mikroskopischen Methoden, der Fluoreszenzmikroskopie und der Elektronenmikroskopie. Diese Messungen waren sehr nahe an den Bedingungen in lebenden Zellen. Eines der wichtigsten Ergebnisse war, dass zum Beispiel die Enzyme der Glykolyse, die in einer Zelle auch die Polymerisation von Aktin-Filamenten verändern, nicht frei im Zytosol herumschwimmen, sondern an das Gerüst gebunden sind. Das Bild von der »Suppe«, in der eine Vielfalt von Proteinen herumschwimmt, stimmt also nicht. Die Michaelis-Menten-Theorie, die die Enzym-Substratwechselwirkung beschreibt, gilt demnach nur im Reagenzglas. Sie hat mit der Realität in der Zelle wenig zu tun.



5 Diese Zelle ist gerade dabei, sich in drei Zellen aufzuteilen. Ursache ist eine gestörte Mitose. Sie war nicht zweipolig sondern vierpolig, wie am Phasenkontrastbild (links) zu sehen ist. Die Teilungsfurchen sind am Verlauf der Interferenzlinien im Ultraschallbild zu erkennen, die die Oberflächenkontur der Zelle wiedergeben.

Hardy: Sie sind auch als Ombudsmann der erste Ansprechpartner, wenn der Verdacht aufkommt, dass Bilder gefälscht wurden. Hat sich die Versuchung der Manipulation durch moderne bildgebende Verfahren erhöht?

Bereiter-Hahn: Dazu muss man sagen, dass bei jedem Mikroskop Abbildungsfehler auftreten. Will man wissen, wie das Objekt »wirklich« aussieht, müssen die Abbildungsfehler durch entsprechende Konstruktion von Objektiven minimiert und die noch verbleibenden Artefakte über Rechenprozesse korrigiert werden. Auf diese Weise sind auch in stark verrauschten Bildern, also solchen, bei denen nur wenig Licht für die Abbil-

dung zur Verfügung steht, Strukturen deutlich sichtbar zu machen. (Abb. 2)

Man muss sehr kritisch bei der Beurteilung von Bildern sein. Gerade digitale Bilder sind leicht zu manipulieren. Deswegen plädiere ich dafür, in Publikationen den Entstehungsprozess von Abbildungen offenzulegen.

Hardy: Wenn Sie auf Ihre wissenschaftliche Laufbahn zurückblicken, was waren die Meilensteine der bildgebenden Verfahren in der Zellbiologie?

Bereiter-Hahn: Das Feld der Lichtmikroskopie hat sich in den letzten 50 Jahren grundlegend gewandelt. Noch vor meiner Zeit liegt die Erfindung des Phasenkontrastmikroskops in den 1930er Jahren, mit dem man erstmals lebende Zellen kontrastreich abbilden konnte. In den 1960er Jahren führte der Niederländer Johan Sebastian Ploem die Auflichtfluoreszenz in die Mikroskopie ein. Damit konnten die Lichtausbeute und die Selektion der Anregungswellenlängen in der Fluoreszenzmikroskopie wesentlich verbessert werden. Diese Technik fand später in den konfokalen Lasermikroskopen Anwendung. Die Umsetzung des neuen Verfahrens erfolgte zunächst durch die Firma Leitz, die dann ein umgekehrtes Mikroskop auf den Markt brachte, das gerade für die Zellbiologie revolutionierend war. Damit konnte ich erstmals Fluoreszenzintensitäten innerhalb von so kleinen Zellorganellen wie Mitochondrien vermessen. Ich habe das Fluoreszenzlicht damals mit Schwarz-Weiß-Filmen aufgenommen. Da die



ZUR PERSON

Prof. Dr. Jürgen Bereiter-Hahn, Jahrgang 1941, studierte Biologie, Biochemie und Philosophie an der Goethe-Universität. Er promovierte 1967 am Institut für Kinematische Zellforschung in Frankfurt. 1972 schloss er seine Habilitation über Zytoskelettdynamik in Epidermiszellen der Fischhaut ab und erhielt eine Professur für Zellbiologie (Kinematische Zellforschung) an der Goethe-Universität. Forschungsaufenthalte führten ihn nach Philadelphia, Stockholm und Miami. Jürgen Bereiter-Hahn ist Autor mehrerer Fachbücher und er realisierte die CD-Serie »Die Zelle«. Er hat sich während seiner wissenschaftlichen Laufbahn über viele Jahre in der akademischen Selbstverwaltung engagiert und nimmt seit seiner Emeritierung 2006 noch zahlreiche Ämter wahr, u. a. als Ombudsmann und als Vorsitzender des Bewertergremiums für Erfindungen bei INNOVECTIS.

Photonenausbeute sehr gering war, musste ich nicht nur hochempfindliche Filme verwenden, sondern auch etwas von der Filmchemie verstehen. Später haben wir hochempfindliche Restlicht-Kameras verwendet.

Heute haben Wissenschaftler Möglichkeiten, von denen man früher nicht einmal geträumt hätte. Ernst Stelzer macht mit seiner Lichtscheibenmikroskopie über Tage tausende Bilder von einem sich entwickelnden Embryo, während wir in den 1970er Jahren oft nur zwei Bilder von derselben Stelle machen konnten, die dann ausgeblichen war.

Innerhalb der Fluoreszenzmikroskope war die Entwicklung von Konfokalmikroskopen ein wichtiger Schritt, nicht nur flache Objekte, sondern auch 3-D-Strukturen abzubilden. Die Fluoreszenzmikroskopie erlaubt Einblicke in die Biochemie von Zellen etwa über die Bestimmung der Abklingzeiten des angeregten Zustandes fluoreszierender Moleküle (im Nanosekundenbereich). Je nach Fluorochrom

zeigen diese Abklingzeiten Wechselwirkungen zwischen Molekülen (im Ångström- oder Nanometerbereich), elektrische Ladungen oder Lipophilie in ihrer Umgebung an. In meiner Gruppe konnte ich mit diesen Methoden zeigen, dass Enzyme, von denen angenommen wurde, dass sie in freier Lösung in der Zelle vorliegen, in Wirklichkeit an Strukturen gebunden sind und diese Bindungen ihre Funktion mitsteuern.

Parallel zu diesen indirekten Methoden wurden Abbildungsverfahren entwickelt, die zu einer Revolution in der räumlichen Strukturauflösung führten. Die Bedeutung dieser Methoden wurde durch die Verleihung des Nobelpreises 2014 an Stefan Hell, Eric Betzig und William E. Moerner international anerkannt. Inzwischen ging die Entwicklung noch wesentlich weiter, etwa in den Arbeiten von Ernst Stelzer in Frankfurt, aber auch von Stefan Hell in Göttingen.

Die Fragen stellte Dr. Anne Hardy.

– Anzeige –

Speis und Trank

RESTAURANT
STURM UND DRANG
CAFE-BISTRO

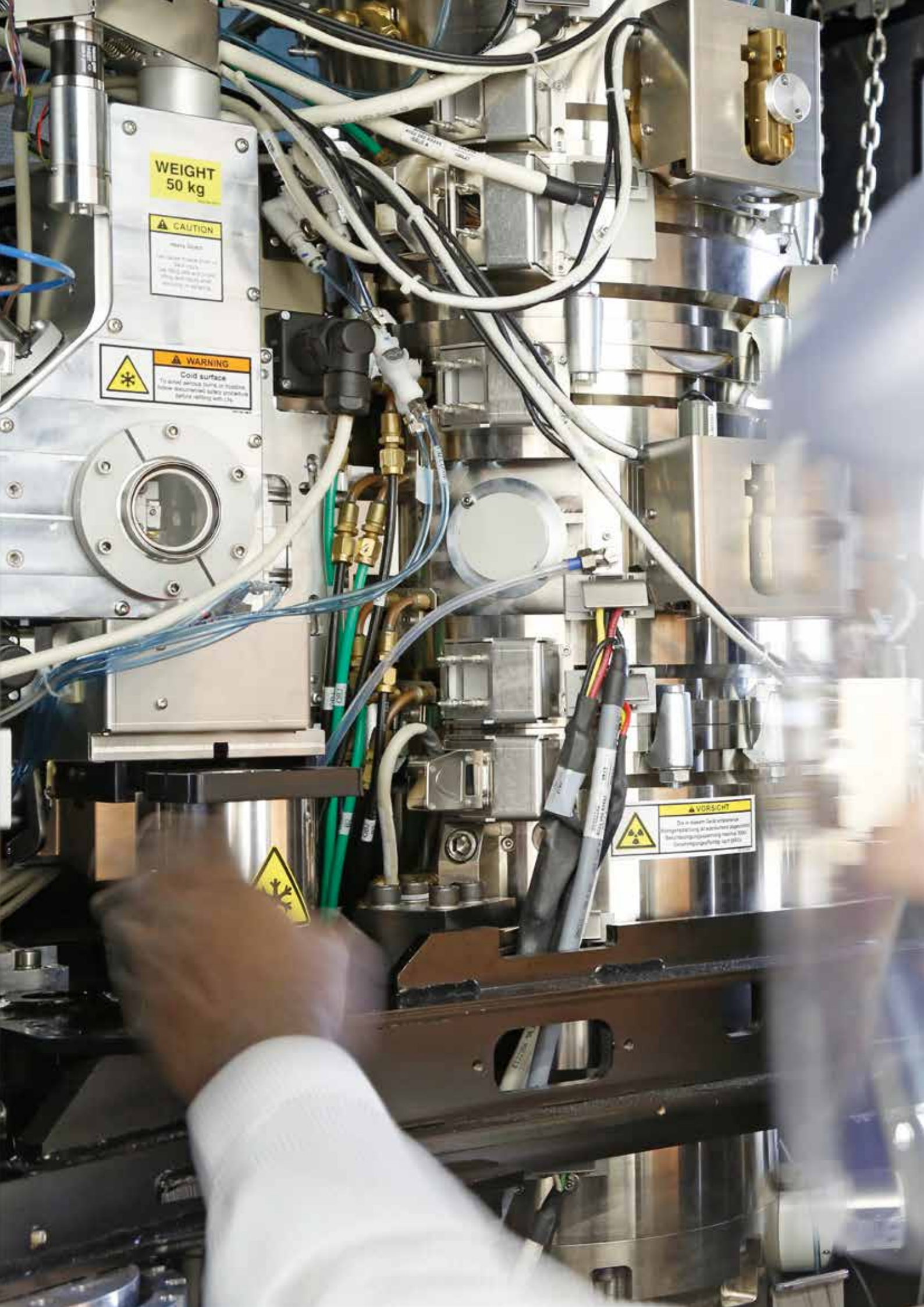
WOCHENKARTE | TAKE-AWAY | EVENTS | CATERING | SONNTAGSBRUNCH








Restaurant/Café-Bistro Sturm und Drang an der Goethe-Universität Frankfurt
Theodor-W.-Adorno-Platz 5 | 60323 Frankfurt | Tel. 069 798 34551 | E-Mail info@cafe-sturm-und-drang.de | www.cafe-sturm-und-drang.de



WEIGHT
50 kg

CAUTION

Attention: Handle with care!
Do not touch the cold surface!
The cold surface will cause
frostbite and other injuries.
Please refer to the manual
before handling.



WARNING

Cold surface
To avoid serious burns or frostbite,
follow documentation before operation
before setting up the UHV.



VORSICHT
Das in diesem Gerät enthaltene
Strahlungserzeuger ist als radioaktive Abfallart
Bekanntmachung gemäß 2002
Umgebungsgefahrlich zu gelassen.

Hightech-Mikroskopie – nicht nur für die Lebenswissenschaften

Die Frankfurt Centers for Advanced Light and Electron Microscopy

von Anne Hardy

In der Lichtmikroskopie gibt es heute viele fortschrittliche Techniken, mit denen man beispielsweise das Wachstum lebender Organismen, kleinste Zellstrukturen oder das Eindringen von Bakterien in Zellen untersuchen kann. Die dafür benötigten Mikroskope sind teure Hightech-Geräte, deren Bedienung Übung erfordert. Damit die vorhandenen Geräte möglichst effizient genutzt werden können, hat die Goethe-Universität ihre Mikroskopie-Einrichtungen in verschiedenen Instituten auf dem Campus Riedberg im »Frankfurt Center for Advanced Light Microscopy« (FCAM) zusammengelagt.

Die erste zentrale Mikroskopie-Einrichtung, an der alle Wissenschaftler der Goethe-Universität Messzeiten buchen konnten, entstand vor 15 Jahren am Center for Membrane Proteomics auf dem Campus Riedberg auf Initiative des damaligen Vizepräsidenten Prof. Jürgen Bereiter-Hahn. Damals wurden hochmoderne konfokale Lichtmikroskope von Prof. Anna Starzinski-Powitz und Prof. Robert Tampé angeschafft und ein Mikroskop zur Messung von Fluoreszenzabklingzeiten in Zellstrukturen aufgebaut. Die Nutzer erhielten eine Einführung in die Handhabung der Geräte und die Datenanalyse. Eine zentrale Verwaltung sorgte für die faire Vergabe der Messzeiten sowie die Wartung und Reparatur der Mikroskope. Seit 2002 hat sich die Zahl der Nutzerstunden von ursprünglich 500 pro Jahr auf 2 500 vervielfacht.

Im Zuge der Berufung von Prof. Ernst Stelzer als Gruppenleiter im Exzellenzcluster Makromolekulare Komplexe im Jahr 2009 entstand eine zweite große Lichtmikroskopie-Einrichtung im Buchmann-Institut für Molekulare Lebenswissenschaften am Campus Riedberg. Stelzer ist der Erfinder der Lichtscheiben-Mikroskopie (LSFM), die er mit seiner Arbeitsgruppe inzwischen in vielen Varianten weiterentwickelt hat. Sie wird von Wissenschaftlern auf der ganzen Welt genutzt. Bei dieser Technik fallen vergleichsweise

große Datenmengen an, die eine neue Herausforderung an die Verarbeitung und Speicherung stellen.

2012 wurden beide Einrichtungen zusammengelagt, um die Forschungsmöglichkeiten in den Lebenswissenschaften weiter zu verbessern und Forschern aller Disziplinen Zugang zu neusten lichtmikroskopischen Techniken zu verschaffen.

Für die Elektronenmikroskopie entstand 2013 in enger Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Biophysik ein weiteres Zentrum auf dem Campus Riedberg, das Frankfurt Center for Electron Microscopy (FCEM). Diese Entwicklung profitierte von dem Umzug der Biowissenschaften in das neue Biologikum auf dem Campus Riedberg (2012) und der Berufung von Prof. Achileas Frangakis als Gruppenleiter im Exzellenzcluster Makromolekulare Komplexe. Im Erdgeschoss des Buchmann-Instituts nahm Frangakis ein Spitzenmikroskop in Betrieb, nach seinen Worten ein »Porsche unter den Elektronenmikroskopen«, mit dem Moleküle dreidimensional abgebildet werden können.

Zu den Nutzern des FCEM gehören heute nicht nur Lebenswissenschaftler vom Campus Riedberg, sondern auch Mediziner und Physiker. Auch Forschern anderer Universitäten sind bereits Messzeiten eingeräumt worden. Die Gründer des FCEM haben sich zum Ziel gesetzt, die jeweils neusten Techniken der Elektronenmikroskopie und -tomografie am Zentrum zu etablieren, sie für interne Nutzer zu optimieren und dann auch externen zugänglich zu machen.

In einem Festakt am 9. Februar 2017 wurde die Gründung der Zentren für Lichtmikroskopie und für Elektronenmikroskopie zu einem feierlichen Abschluss gebracht. ●

<https://fcam.uni-frankfurt.de>

<http://fcm.uni-frankfurt.de>



BILDER ERZÄHLEN GESCHICHTEN





Bilderhorizonte

Formierung der Vergangenheitsvorstellungen durch Bilder

von Rolf Wiggershaus

Für Spezialisten historischer Epochen, aus denen kaum schriftliche Zeugnisse vorliegen, spielten Bilder schon immer eine zentrale Rolle. Doch wie steht es um ihre Bedeutung in der Geschichtswissenschaft allgemein? Welche Relevanz hatte bzw. hat für sie der »iconic turn«? Darüber sprach der Philosoph und Publizist Rolf Wiggershaus mit Historikern der Goethe-Universität.

Als er vor einem Jahrzehnt gefragt wurde, ob er im »iconic turn« mehr als eine Modeerscheinung sehe, antwortete der Mediävist Bernhard Jussen mit Hinweisen darauf, welchen Sinn dieser »Aufmerksamkeitsturn zur Bildlichkeit« für die Geschichtswissenschaft haben könnte und sollte. Zum einen: Auch wenn einzelne Historiker mit offenem Blick für verschiedene Medien und eben auch Bilder als Quellen und Darstellungselemente arbeiteten, fehle es doch bisher an einer bildwissenschaftlichen Tradition in der Geschichtswissenschaft insgesamt. Es mangle an einem dem Umgang mit Texten ebenbürtigen Sinn dafür, wie historischen Entwürfen durch entsprechende

Bebildung Geltung zu verschaffen sei. Zum anderen: Eine wesentliche Grundlage für weitverbreitete Vorstellungen von vergangenen Zeiten seien reich bebilderte massenhaft verbreitete Medien der historischen Bildung wie Schul- und Lehrbücher, Spielkarten und Reklamebilder. Sammlungen solcher Bildwelten gelte es zu erstellen und zu erschließen für die Untersuchung »historischer Imagination in der Moderne«.

Bernhard Jussen ist Professor für Mittelalterliche Geschichte und ihre Perspektiven in der Gegenwart. Zu seinen Forschungsschwerpunkten gehören seit längerem Untersuchungen zur bildlichen Formierung historischen Denkens in der Moderne unter dem Titel »Ikonologie der Geschichtswissenschaft«. Sein Partner bei einem der Projekte dieses Schwerpunktes ist Andreas Fahrmeir, Professor für Neuere Geschichte mit dem Schwerpunkt 19. Jahrhundert. Beide Historiker treffen sich im Interesse an der Frage: Wie können und wie sollten Historiker in verbreitete Vergangenheitsvorstellungen eingreifen, und wie lassen sich ihre Deutungen der Geschichte durch Bebilderung transportieren?

Beobachtungen zum Verhältnis von Text und Bild

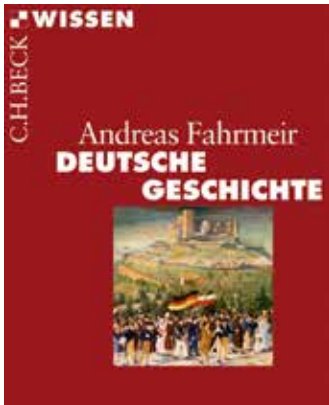
»Das Bild geht leichter ein als das Wort« und leichter bleibe der Mensch auch »am Bild hängen«, meinte der Historiker Reinhart Koselleck (1923–2006), und Jussen stimmte ihm in einem »Plädoyer für eine Ikonologie der Geschichtswissenschaft« (2013) zu. Ungeachtet der Macht von Worten und Parolen leuchtet das für die Rezeption bebildeter Texte ein. Es schärft den Sinn für das Eigengewicht von Bildprogrammen und für das Zusammenspiel oder die Gegenläufigkeit von Text und Bild.

An einem aufschlussreichen Beispiel macht Jussen deutlich, was passieren kann, wenn der

1 Christoph Columbus steht im Zentrum der Geschichte der Liebig-Serie 93,1887/88 (Sammelbilder links).

Aus: Dorle Weyers/Christoph Köck, Die Eroberung der Welt. Landschaftsverband Westfalen-Lippe 1992, Detmold, S. 60.





2 Gelungener Kompromiss für das Titelbild: Gemälde des Hambacher Festes im Mai 1832. Andreas Fahrmeir: Deutsche Geschichte. C.H. Beck 2017, München.

Autor, mag er auch noch so sehr auf gezielte Bebilderung bedacht sein, sein Werk nicht oder nicht mehr unter Kontrolle hat. Die 1947 erschienene »Geschichte der Deutschen« von Veit Valentin (1885–1947) gehörte zu den wenigen Geschichtsbüchern jener Jahre, die bewusst Bilder vermieden, die im »Dritten Reich« Teil des Bebilderungskanon geworden waren. Der zuerst auf Englisch erschienene Band war das letzte Werk Valentins, der unter anderem als Historiograf der 1848er Revolution zur Traditionsbildung der Weimarer Republik beigetragen hatte und 1933 zunächst nach England und 1939 nach Entzug der deutschen Staatsbürgerschaft in die USA emigriert war. In seiner »Geschichte der Deutschen« schied Valentin Uta von Naumburg, Widukind und Heinrich den Löwen aus dem Bildprogramm aus. Doch nach seinem Tod wurde das bei der nächsten Edition im Jahre 1960 missachtet und eine Konstellation wiederhergestellt, die in den 1930er Jahren Karriere gemacht hatte. Karl der Große z. B. durfte nicht mehr alleine stehen. Er bekam, so Jussen, »in gleicher Größe seinen germanischen Widersacher Widukind an die Seite gestellt«,

und gerade solch ein bildliches paritätisches Gegenüber prägt sich als Erzählmuster ein.

Das Beispiel zeigt, wie wichtig einem Autor die Bebilderung seiner Werke sein sollte. Es müssen nicht ideologische Motive entscheidend sein. Im Allgemeinen, so Fahrmeir, ist bei Bildprogrammen davon auszugehen, dass außer Ideologie und Kanonbildungen technische Schwierigkeiten und ökonomische Erwägungen von Bedeutung sind.

Zu den Beobachtungen über das Verhältnis von Text und Bild gehört auch das Fehlen von Bildern da, wo es sie geben könnte. Sehr schwierig sei es, so Jussen, etwas zur frühen Stadt des 11. oder 12. Jahrhunderts zu finden. Ab dem 13. Jahrhundert gebe es relativ zahlreiche Siegel. Aber es bleibe die Frage, warum es aus der Zeit davor nichts Visuelles über die Stadt gebe, und ferner die Frage, warum die relativ leicht zu findenden und ziemlich aussagekräftigen Siegel nicht genutzt würden. So ergeben sich durch die Berücksichtigung und vergleichende Untersuchung verschiedener

Medien neue Fragen und »Interpretationszwänge«. Gerade die für die Selbstkonzeption westlicher Gesellschaften fundamentale Beschäftigung mit den Stadtkommunen, dem frühem Republikanismus und der Entstehung der demokratischen Zivilgesellschaft bleibe bildlos. Fachleuten fielen immer sofort Ambrogio Lorenzettis um 1338/1339 entstandene Fresken im Palazzo Pubblico in Siena mit der Darstellung der Guten und der Schlechten Regierung ein. Doch wenn dies Bild vorkomme, dann »nie als Ganzes, als Allegorie, sondern nur mit irgendeinem kleinen Ausschnitt aus der Stadt, und das heißt: das Bild wird nicht wirklich genutzt«.

Modi der Vergangenheitsbebilderung

Auch die Bebilderung historischer Texte hat ihre Geschichte. Jeder kennt Historienbilder, auf denen Größen der Geschichte zu sehen sind – etwa Karl der Große von Albrecht Dürer (1514) – oder berühmte Schlachten – beispielsweise die Alexanderschlacht von Albrecht Altdorfer (1529). Jedem ist klar, dass es sich um fiktive Darstellungen handelt, denen jeweils ein bestimmtes Bildprogramm und zeit- und kulturbedingte Vorstellungsweisen zugrunde liegen. Noch bis in die 1920er Jahre gab es solch einen unverkennbar fiktiven illustrierenden Stil der Bebilderung. Doch um 1900 kam, wahrscheinlich im Zusammenhang mit der Durchsetzung der Fotografie, dieser Stil in Verruf. Stattdessen kamen sogenannte Dokumente in Gebrauch.

»Diese sogenannten Dokumente«, so Jussen, »tun erst einmal so, als seien sie dokumentierend. Das heißt aber noch nicht, dass sie wirklich dokumentierend sind. Denn wenn es z. B. um ein Bild für Otto den Großen geht, der im 10. Jahrhundert lebte, dann finden Sie sehr häufig bis heute die Statue Ottos des Großen auf dem Magdeburger Marktplatz. Die stammt aber aus dem 13. Jahrhundert. Das sieht wie ein Dokument aus, es handelt sich aber nur um einen dokumentierenden Stil.« Als historisches Dokument dargeboten vermittelt dergleichen falsche bildliche Vorstellungen vergangener historischer Welten und folgt »weniger der Intention eines Autors als einer Logik der Apparate, etwa verlegerischem Kalkül, den Angaben von Bildagenturen usw.«.

Einen für das heutige Zustandekommen von Vergangenheitsbebilderungen aufschlussreichen Aspekt lernte Fahrmeir am Beispiel seiner jüngsten Bücher kennen. Im Prinzip ging es um »eine Mischung aus Bildern, die bekannt sind, und Bildern, die eventuell nicht bekannt sind«, also kanonischen und nicht oder weniger kanonischen Bildern. Für seinen Band »Revolutionen und Reformen. Europa 1789–1850« hatte er für den Einband zunächst ein Bild von der Besuchsreise der alliierten Souveräne nach Eng-

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- In den Geschichtswissenschaften fehlte lange Zeit eine eigene bildwissenschaftliche Tradition. Bilder spielen aber eine wesentliche Rolle für die historische Imagination.
- Historiker der Goethe-Universität wie Prof. Bernhard Jussen und Prof. Andreas Fahrmeir beschäftigen sich mit der Frage, wie Historiker in verbreitete Vergangenheitsvorstellungen eingreifen können und sollten und wie sich ihre Deutungen der Geschichte durch Bebilderung transportieren lassen.
- Eine ikonologisch ausgerichtete Geschichtswissenschaft beschäftigt sich auch mit kollektiven Bilderhorizonten: Dazu gehören Sammelbilder, die ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nicht nur bei Kindern und Jugendlichen populär wurden. Bernhard Jussen arbeitet seit 2001 daran, solche Sammelbilder für die Geschichtswissenschaft in Form einer digitalen Bibliothek zugänglich zu machen.
- Fotos, die einmal Realität zu verbürgen schienen, sind nicht weniger kontextabhängig und interpretationsbedürftig als Zeichnungen oder Gemälde.

land vorgeschlagen. Bilder davon zeigten »im Vordergrund das diplomatische Zeremoniell des alten Europa und dahinter ein paar rauchende Schornsteine«. Das Hauptargument gegen diesen Vorschlag war: Es muss etwas sein, was man erkennt, wiedererkennt. Wo der bildbewusste Autor etwas vorzöge, das der Wendung gerecht würde: »Ein Bild sagt mehr als tausend Worte«, hat für das Interesse am Publikumserfolg der Wiedererkennungseffekt und damit das kanonisch Gewordene Vorrang. Zu einem gelungenen Kompromiss für das Titelbild von Fahrmeiers »Deutsche Geschichte« wurde die farbige Reproduktion eines Gemäldes des Hambacher Festes im Mai 1832 – ein »relativ bekanntes, aber nicht ständig verwendetes Bild, das mit der deutschen und der polnischen Fahne darauf als historische Linie ein in Europa zu verortendes Deutschland andeutet«.

Kollektive Bilderhorizonte

Zu einer Ikonologie der Geschichtswissenschaft gehört auch die Öffnung des Blicks für kollektive Bilderhorizonte und die dafür relevanten Medien jenseits dessen, was vor allem in religiöser Färbung und im kirchlichen Rahmen an Bildern geboten wurde und schon seit Langem populäre Vorstellungen von Welt und Geschichte prägte. Es war die Volkskunde, die sich zunächst mit einem Material beschäftigte, das inzwischen auch die Geschichtswissenschaft für sich entdeckt hat: Sammelbilder und Sammelbild-Alben. Es gab sie seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zu Reklamezwecken zunächst beim Kauf kostspieliger Waren wie Kakao, Schokolade oder Fleischextrakte. Der Durchbruch kam in den 1870er Jahren mit den in zahlreichen Ländern Europas verbreiteten Reklame-Sammelbildern der Fleischextrakte-Firma Liebig. »Bis in die Zeit nach dem Ersten Weltkrieg«, so Jussen, »waren Sammelbilder das einzige Medium, das Kinder und Jugendliche mit farbigem Bildmaterial konfrontierte.« Sie machten vergangene und ferne Welten in verführerischer Buntheit gegenwärtig. Was davon zu Bildwissen, was in den Köpfen zum Bilderhorizont wurde, lässt sich nur indirekt erschließen. »Doch die Tatsache, dass solche Bilder gesammelt und in Sammelalben eingeklebt wurden, dass sie getauscht und aufbewahrt wurden, zeigt, dass sie angeeignet wurden, jedenfalls in gewisser Weise ankamen.« Zu den indirekten Hinweisen darauf gehört auch die quantitative Verbreitung. Manche Serien erreichten Auflagen von bis zu drei Millionen Exemplaren.

2001 begann Jussen, Quellen solcher Art für die Zeit seit dem 19. Jahrhundert in Form einer »digitalen Bibliothek« für systematische Forschung besser zugänglich zu machen. Der »Atlas

des Historischen Bildwissens« bzw. »Picturing History Atlas« begann zunächst mit dem Gesamtbestand der Liebig-Sammelbilder. Zusammen mit weiteren Bänden ist er gedacht als empirische Basis für die Untersuchung von Ver-



gangenheitsentwürfen, die ungeachtet ihrer zeitgeschichtlichen Prägung Licht auf noch heute verbreitete Bilder vergangener Zeiten und fremder Welten werfen können. »Es geht darum«, so Jussen, »große Korpora erschließbar zu machen, und zwar Korpora unterschiedlicher Art – ephemeres Material wie Sammelbilder, »staatliches« Material wie Schulbücher und akademisches Material wie Handbücher –, die visuelle Kondensate historischer Narrative sind. Dann kann ich sehen: Wie sieht die Französische Revolution, wie Karl der Große, wie das Römische Imperium im Bild von 1850 aus? Wie sieht es 1900 aus? Was ändert sich 1933? Was waren Standardillustrationen? Hat die Geschichtswissenschaft, haben die Verlage nach dem Zweiten Weltkrieg die Bebilderungen entnazifiziert oder haben sie das nicht gemacht?« Von »Fortschritt« mag Jussen, dem Frankfurt die weltweit größte Sammelalben-Sammlung verdankt, nicht reden. Es handelt sich um eine »große Veränderung«. Zu ihr gehören bestimmte Verbesserungen, etwa die Möglichkeit soziologischer Auswertung oder die Tatsache, dass dank Digitalisierung Dinge sichtbar werden, die man nicht sieht, wenn man vor den Bildern selber sitzt.

Vom Umgang mit Bildern

Farbige Sammelbilder können ein Anreiz sein, Vergangenes und Fernes lebhafter zu imaginieren. Fotografien dagegen scheint auf den ersten Blick ein besonderer Realität verbürgender Evi-

3 Der Fortschritt im Visier: altertümliches Fachwerkhäuser und zukunftsweisende Wolkenkratzer. Liebig-Serie 917 »Einst und jetzt« von 1924.

Aus: Weyers/Köck, Die Eroberung der Welt, S. 58.



4



5

Im Valentins »Geschichte der Deutschen« stand Karl der Große (r.) ursprünglich allein, in einer neueren Edition wurde ihm sein »germanischer Widersacher Widukind« an die Seite gestellt.

4 »Widukind«, Schulwandbild, Farbdruck nach Zeichnung von Wilhelm Petersen.

5 Karl der Große und Papst Leo III.

denzcharakter eigen zu sein. Doch das hat sich in jeder Hinsicht als begrenzt erwiesen. »Die Epoche war kurz«, so Fahrmeir, »in der es zumindest beim Medium der Fotografie schwierig war, zu manipulieren, ohne Spuren zu hinterlassen – die Ellbogen oder die Schuhe von Personen zum Beispiel, die aus sowjetischen Bildern herausgeschnitten wurden, aber durch ihre Extremitäten doch noch präsent blieben.« Fotos sind nicht weniger kontextabhängig und interpretationsbedürftig als Zeichnungen oder Gemälde, um verstanden zu werden. »Es gibt ein klassisches Foto aus den 1930er Jahren in den USA. Darauf sieht man eine überwiegend afroamerikanische Menschenschlange, die vor einem Arbeitsamt für Arbeitslosenunterstützung ansteht, und über ihnen ein großes Plakat, das mit einer die Freizeit genießenden weißen Musterfamilie für ein neues Ford-Modell wirbt.

Um die Pointe zu begreifen, muss man aber die textuellen Elemente verstehen und wissen, dass Hüte, die die in der Schlange stehenden Menschen tragen, zur Zeit der Aufnahme kein Zeichen von Wohlstand waren.«

Solche Bilder zeigen aber auch, dass man mit Bildern da, wo die kulturellen Kontexte ähnlich sind, komplexe Bedeutungen schneller und eindrücklicher kommunizieren kann. Mögen Bilder auch in einem strengen Sinne nicht ohne textliche Anteile auskommen, so gilt doch, so Andreas Fahrmeir: »Es gibt viele Dinge, die Bilder leisten können, die Texte nicht leisten.« Und ebenso Bernhard Jussen: »Im Medium des Bildes werden Haltungen oder Standpunkte geltend gemacht, für die es überhaupt keine Texte gibt.« Nicht in der Bilderflut sehen Fahrmeir und Jussen das Problem, sondern in komplexen Prozessen der Selektion von Bildern und in einer Kanonbildung, die sich gerade im Zeichen eines interdisziplinären »iconic turn« weiter zu verengen scheint. Das verlockt einen Historiker wie Bernhard Jussen, der sich seit Langem mit der bildlichen Formierung historischen Bewusstseins in der Moderne befasst, zum Versuch, sich ohne Restriktionen auf Bilder einzulassen, um Distanz zu den auf textorientierter Basis gewonnenen Leitdeutungen zu gewinnen. In einer Geschichte des lateinischen Westens von nachrömischen Zeiten bis zur Reformation sieht er die Chance, »im Sortieren von Bildkorpora festzustellen, wo das, was ich sehe, kollidiert mit dem, was ich durch Textinterpretationen zu sehen gelernt habe«. ●



Der Autor

Dr. Rolf Wiggershaus, Jahrgang 1944, studierte Philosophie, Soziologie und Germanistik in Tübingen und Frankfurt am Main. Neben der Frankfurter Schule und der Kritischen Theorie stehen im Zentrum seines Interesses Aspekte des Verhältnisses von Natur und Gesellschaft.

wiggersh.r@t-online.de



Nina Ludwig, M.A.,

studierte Freie Kunst am Goldsmiths' College und Kommunikationsdesign am Central Saint Martins College in London. Seit 2012 ist sie in der Abteilung PR und Kommunikation für die Konzeption und Gestaltung von Publikationen, u.a. Forschung Frankfurt, und das Corporate Design zuständig.

Zwei, drei Zeilen und ein Sofa

Natürlich gibt es mein eines oder anderes Lieblingsbild. Meine gestalterische Aufgabe aber sehe ich darin, den textlichen und bildlichen Inhalten, zum Beispiel dieses Magazins, zu größtmöglicher Geltung und Lesbarkeit zu verhelfen. Hier ist genau der Freiraum, die vermeintliche Leere das entscheidende Element. Ein Magazin mit hoher Informationsdichte braucht Momente des Verweilens, hin und wieder

einen Ruhepol. Und da denke ich immer wieder an die hier gezeigte Doppelseite aus Forschung Frankfurt (2/2014). Nur zwei, drei Zeilen Text und ein Sofa – mehr nicht. Auch wenn das dargestellte Sofa tatsächlich Schopenhauers Sterbesofa ist, so empfinde ich es, umgeben von viel Leere, immer auch als schönen Ort des sinnbildlichen Verweilens innerhalb eines Reichtums an Gedanken und Bildern.

Lieblingsbild

»Ach,
Sie sind also
mein Raffael!«



Ein Gespräch mit dem
Kunsthistoriker Jochen Sander
über das stilbildende Porträt
Papst Julius' II. und dessen Version
im Städel Museum

von Bernd Frye

Im Frankfurter Städel Museum ist ein Papst-Porträt zu sehen, das viele Geschichten erzählt: von Julius II., der als ebenso kriegerisch wie kunstsinnig galt, von einem Bildmotiv, das bis heute Standards setzt, und von technischen Methoden, die zeigen, dass hier wohl mehr Raffael drinsteckt, als manche wahrhaben wollen – wodurch das Bild rund 500 Jahre nach seiner Entstehung vielleicht selbst Geschichte schreibt.

Da hängt es also: das Bildnis Papst Julius' II. von Raffael und Werkstatt. Es ist eine von mehreren in der Kunstwelt bekannten Ausführungen des prinzipiell selben Motivs. Die explizite Werkstatt-Erwähnung bei dieser Version soll die Beteiligung Dritter betonen. Von den Diskussionen darüber, ob denn der Meister überhaupt mitgemalt habe, wird noch die Rede sein. Dass das Gemälde im Frankfurter Städel Museum den Renaissance-Papst zeigt, steht dagegen außer Zweifel. Und mehr noch: »Das Schema, nach dem das Kirchenoberhaupt hier dargestellt worden ist, sollte zum Prototyp aller Papst-Porträts bis heute werden«, sagt der Kunsthistoriker Jochen Sander, stellvertretender Städel-Direktor und Professor an der Goethe-Universität.

Das Pontifikat Papst Julius' II. reichte von 1503 bis zu seinem Tod im Jahre 1513. Das berühmte Bildnis entstand wahrscheinlich ein oder zwei Jahre, bevor er starb. Noch ein halbes Jahrtausend später ließ sich Benedikt XVI. nach genau demselben Grundmuster porträtieren: lebensgroß, auf einem Lehnstuhl sitzend, in Dreiviertelansicht, den Oberkörper, vom Betrachter aus gesehen, leicht zum rechten Rand gedreht. Das Benedikt-Bild datiert aus dem Jahr 2010 und stammt von dem Leipziger Maler Michael Triegel. »Ach, Sie sind also mein Raffael!«, soll der deutsche Papst ihn begrüßt haben. Im Gegensatz zu Raffael zeigt Triegel »seinen« Papst mit einem fast schon verschmitzten Gesicht und vor allem ohne Bart.

»Il terribile« war ein PR-Profi

Julius ging als »il terribile« (der Schreckliche) in die Geschichte ein. Er soll jähzornig gewesen sein und war tatsächlich auch recht kriegerisch. Als Papst herrschte er zugleich über den Kirchenstaat, der damals weite Teile Italiens unter

seinem Einfluss hatte. Er gründete die Schweizer Garde und war militärisch erfolgreich – nur halt damals nicht, zu der Zeit, als Raffael ihn porträtierte. Da hatte er kurz zuvor mit seinen Truppen in Oberitalien eine empfindliche Niederlage gegen die Franzosen erlitten und geschworen, sich erst nach einer Revanche wieder rasieren zu lassen.

Dieser »Kriegerpapst« war allerdings auch äußerst kunstsinnig; unter ihm begann der Neubau des Petersdoms, er holte Michelangelo an seinen Hof – und eben Raffael. Der malte den damals fast 70-Jährigen, wie er aussah, mit Bart, und wie er sich wahrscheinlich fühlte, zumindest nicht zu Späßen aufgelegt. Einige Interpretationen des Julius-Porträts sprechen von einem gebrechlichen Würdenträger mit leerem Blick. Andere erkennen hier einen Macher, der gerade nachdenkt. Ähnlich sieht es Jochen Sander: »Die verschatteten, tief liegenden Augen unter den buschigen Brauen blitzen lebendig und zeigen, dass der Dargestellte im Vollbesitz seiner geistigen Kräfte ist.«

»Julius II. war mehr als »warrior pope« und Kunstmäzen«, schreibt der Kirchenhistoriker Bernward Schmidt. Der Papst war ein politischer Kopf, verfügte über strategisches Geschick und hatte, wie man heute sagen würde, Sinn für Public Relations. Auch Niccolò Machiavelli, ein Zeitgenosse und früher Wegbereiter der Politischen Theorie, beschreibt dessen zweckmäßiges politisches Handeln. Zum Machterhalt gehört es auch, Präsenz zu zeigen – wenn schon nicht in Person, dann wenigstens mit einem Porträt. »Dieser Papst war extrem medienbewusst«, sagt Jochen Sander. »Bekannt ist sein gezielter Einsatz von Bildnismedaillen und Münzbildern«, so der Kunsthistoriker. »Und er wusste auch sein gemaltes Bildnis gezielt für propagandistische Zwecke einzusetzen.«



1



2

1 »Und es ist doch ein Raffael!« Nach Kontroversen um die Urheberschaft ist Platz für andere Betrachtungen: Das Schema, nach dem das Kirchenoberhaupt auch auf dem Bildnis Papst Julius' II. von Raffael und Werkstatt im Städel Museum (105,6 x 78,5 cm) abgebildet ist, wurde zum Prototyp aller Papst-Porträts bis heute.

2 »Ach, Sie sind also mein Raffael!«, soll Papst Benedikt XVI. zu seinem Porträtisten, dem Leipziger Maler Michael Triegel, gesagt haben. Das Bildnis des deutschen Papstes aus dem Jahr 2010 entspricht in Größe (100,5 x 76 cm) und Grundmuster dem 500 Jahre alten Vorbild.

Julius verschenkte sein Porträt an besonders loyale Kirchengemeinden und er wird es den Gepflogenheiten seiner Zeit folgend auch als diplomatisches Geschenk verwendet haben. Dafür saß er nicht immer neu Modell. Vorhandene Porträts wurden kopiert. Allein von dem Bild mit Bart könnte es schätzungsweise 25 Wiederholungen geben. Und die hat nicht alle Raffael selbst gemalt. An manchen war er – mehr oder weniger stark – beteiligt, andere überließ er ganz seiner Werkstatt, und wiederum andere stammen gar nicht aus dem Raffael-Umfeld. Die Zuschreibungen allerdings variierten mit der Zeit. Da gibt es die erstaunlichsten Authentizitäts-Karrieren, unter denen die des Städel-Bildes vielleicht gar nicht mal die verblüffendste ist – aber trotzdem spannend.

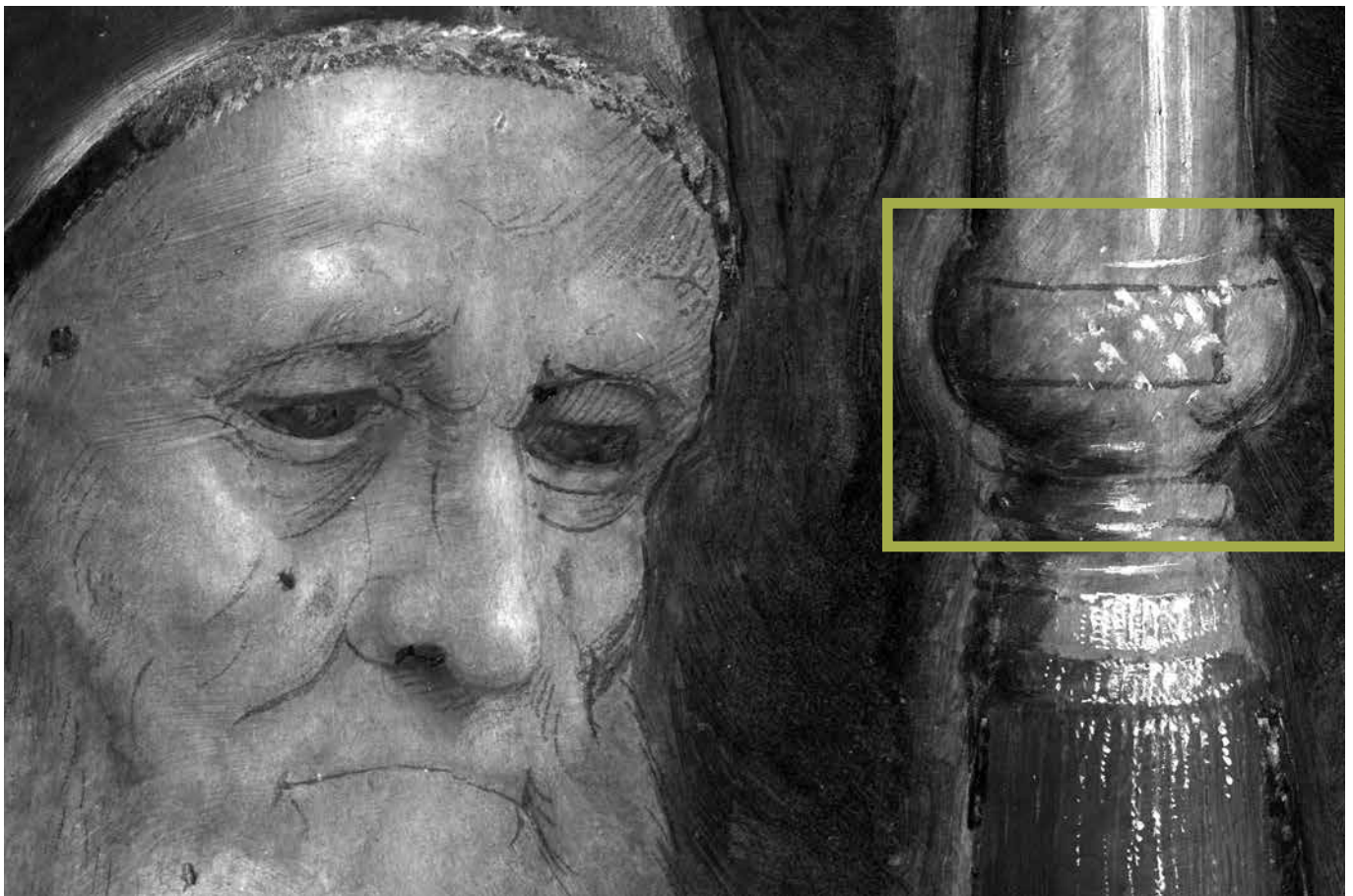
»Ich war beeindruckt von der Wirkung dieses Bildes und von der Qualität bestimmter Partien. Gleichzeitig war auf den ersten Blick zu sehen, dass weite Teile sehr flott gemacht waren und nur wie angelegt und nicht ausgearbeitet wirkten. Aber es schien mir eine Version zu sein, die weit über eine schlappe Kopie hinausgeht.« So beschreibt Jochen Sander seine Eindrücke, als er das Julius-Porträt im Jahr 2006 zum ersten Mal vor sich hatte. Das Bild war dem Museum von einem privaten Sammler zum Kauf angeboten worden. Damals galt es in der

Kunstwelt als Werk eines Raffael-Nachahmers. Im Anschluss an gemäldetechnologische Untersuchungen, bei denen auch die teilweise stark verschmutzte Oberfläche gereinigt wurde, entschlossen sich Jochen Sander und der damalige Städel-Direktor Max Hollein 2010 zum Kauf – und zwar »dank des Entgegenkommens des Verkäufers«, so eine Mitteilung des Städels, für »einen deutlich unter dem Marktwert liegenden Preis für ein solches Gemälde«.

Dem Künstler über die Schulter schauen

Bei den technischen Analysen kamen Durchleuchtungsverfahren wie Röntgenaufnahmen und Infrarot-Reflektografie zum Einsatz. Damit wird ein Blick unter die Bildoberfläche möglich. »Man kann dem Künstler quasi nachträglich bei der Arbeit über die Schulter schauen«, so Sander. Sichtbar wurde die vorbereitende Skizze, die Unterzeichnung, die später von der Farbe verdeckt wird. »Auffallend an der Unterzeichnung des Frankfurter Porträts sind die großen Diskrepanzen in den verschiedenen Bereichen des Porträts«, schrieb Jürg Meyer zur Capellen, den das Städel Museum als externen Gutachter hinzugezogen hatte.

Der emeritierte Professor für Kunstgeschichte an der Universität Münster ist Autor eines Raffael-Werkverzeichnisses. Er kam zu dem



3

Schluss, »dass die Vorzeichnungen von zwei Künstlern ausgeführt wurden. Raffael selbst konzentrierte sich auf die zentrale Partie, auf das Antlitz des Papstes.« Damit konnte feststehen: Raffael hatte seine Hand zumindest vorzeichnend im Spiel. Und Jochen Sander resümiert, »dass Raffael selbst an der Konzeption und teilweise auch an der Ausführung dieses Gemäldes beteiligt war. Die malerische Fertigstellung insbesondere der weißen Gewandung und des grünen Hintergrundes dürfte an einen Werkstattmitarbeiter delegiert worden sein.«

Der Städel-Kurator verweist auf einen weiteren Befund. Hier geht es um die zahlreichen Veränderungen, die das Gemälde im Prozess der vorbereitenden Zeichnung auf der grundierten Holztafel, aber auch noch während der malerischen Ausführung erfahren hat und die die Infrarot-Reflektografie und die Röntgenaufnahmen präzise dokumentieren. Diese betreffen unter anderem die Darstellung der rechten Hand, die in der Schlussfassung ein Tuch hält. Sie war in einem früheren Stadium des Malprozesses anders positioniert und dabei möglicherweise zu einem Segensgruß erhoben. Ein Kopist hätte nicht, so Sander, mit grundlegend verschiedenen Versionen experimentiert: »Wer einen klaren Kopierauftrag auszuführen hat, experimentiert wohl kaum mit ganz unter-

schiedlichen bildlichen Möglichkeiten, nur um zum Schluss wieder bei der angeblichen Kopiervorlage anzukommen.«

Das Gemälde habe bei »seiner Präsentation für internationale Aufmerksamkeit in den Medien und in Museumskreisen« gesorgt, heißt es im Jahresbericht des Städel Museums für 2011. Es gab allerdings auch, zumindest vereinzelt, die recht scharfe Kritik: Man habe statt eines echten Raffael eine schwache Werkstattfassung oder sogar eine plumpe Kopie späterer Zeit gekauft. Und überhaupt sei es schon merkwürdig, dass das Städel Museum für wenig Geld ein Werk mit Raffael-Beteiligung habe kaufen können, dessen Bedeutung 500 Jahre lang nicht erkannt worden sein soll.

»Es ist der Umfang und die Qualität der Veränderungen während des gesamten Ausführungsprozesses, die dieses Gemälde so extrem spannend und interessant machen und die eine Menge Fragen aufwerfen«, sagt Jochen Sander. Aber die Antwort könne nicht allein darin bestehen, dass man nur von einem schwachen Bild oder einer bloßen Replik spreche. Diese Art Kritik sei für ihn, auch angesichts der objektiv vorliegenden gemäldetechnologischen Untersuchungsergebnisse, die für einen überaus kreativen Entstehungsprozess sprächen, schon eine »irritierende Erfahrung« gewesen.

3 Die Infrarot-Reflektografie des Städel-Bildes offenbart dem geübten Auge die Unterzeichnungen, jene vorbereitenden Skizzen, manchmal nur einzelne Striche, die später von der Farbe verdeckt werden. Im Fall der oberen Abschlüsse des Thronsessels war anscheinend zunächst eine rechteckige, eher schlichte Bekrönung geplant. Am Ende des Formfindungsprozesses standen dann die eichelbekrönten Sessellehnen. Die Eichel war auch das Wappenmotiv des Papstes.

Literatur

Weiterführende Informationen zu Papst Julius II. im Kontext seiner Zeit, zum Wirken Raffaels und besonders auch zu den gemälde-technologischen Untersuchungen finden sich in dem von Jochen Sander herausgegebenen Katalog »Raffael und das Porträt Julius' II.« (Frankfurt, Städel Museum, 2013–14)

Das Gipfeltreffen der Papst-Porträts

Ende 2013 ging das Städel mit einem Gipfeltreffen der Papst-Porträts an die Öffentlichkeit. Auch danach galt die Frankfurter Version einer Fachjournalistin nur als »fragwürdiges altes Bildnis«. »Und es ist doch ein Raffael«, titelte dagegen eine andere Zeitung. Diese Auffassung scheint mittlerweile mehrheitsfähig zu sein. Exponate der sogenannten Kabinettausstellung waren – neben dem Städel-Bild – diejenigen zwei Julius-Bildnisse, die unbestritten als Raffael-Versionen gelten: zum einen die Fassung aus den Uffizien, zum anderen diejenige aus Londons National Gallery, allerdings nur in einer Reproduktion, weil das Original aus konservatorischen Gründen nicht reisen durfte.

Hinzu kam bei dieser Vergleichsausstellung die von Tizian stammende Kopie des berühmten Motivs. Sie entstand wahrscheinlich rund 30 Jahre später und zeigt auf den ersten Blick genau die gleiche Situation. Bei näherer Betrachtung offenbart sich jedoch die andersartige Platzierung der Figur im Bildgefüge. Der Kopf des Papstes ist stärker an den oberen Bildrand versetzt und wird in leichter Untersicht dargestellt. Der Betrachter schaut gleichsam zu ihm auf. Anders verhält es sich bei den Bildern

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Im Frankfurter Städel Museum hängt seit 2011 ein Porträt Papst Julius' II., das lange Zeit zuvor als Werk eines Raffael-Nachahmers galt. Auch wenn noch nicht alle Kritiker überzeugt zu sein scheinen, deuten die Ergebnisse gemälde-technologischer Untersuchungen zumindest auf eine Mitwirkung des Renaissance-Malers hin.
- Die Städel-Version ist eine von mehreren in der Kunstwelt bekannten Ausführungen. Möglicherweise wird ihr Stellenwert sogar noch unterschätzt. Falsche Zuschreibungen sind in der Kunstwelt – gerade auch im Falle Raffaels und selbst unter Beteiligung des ehemaligen Städel-Direktors Johann David Passavant – keine Seltenheit.
- Papst Julius II., der als ebenso kunst-sinnig wie kriegerisch galt, hat seine Porträts auch zu PR-Zwecken eingesetzt. Das von Raffael verwendete Schema wurde zum Vorbild für Porträts von Päpsten bis zu Benedikt XVI. Der deutsche Papst soll zu seinem Porträtisten gesagt haben: »Ach, Sie sind also mein Raffael!«



4 Prof. Dr. Jochen Sander ist stellvertretender Direktor des Frankfurter Städel Museums und Inhaber der Städel-Kooperationsprofessur für Kunstgeschichte der Goethe-Universität. Seine Forschungsschwerpunkte umfassen die Kunst des Spätmittelalters und der Frühen Neuzeit in den Niederlanden, Deutschland und Italien.

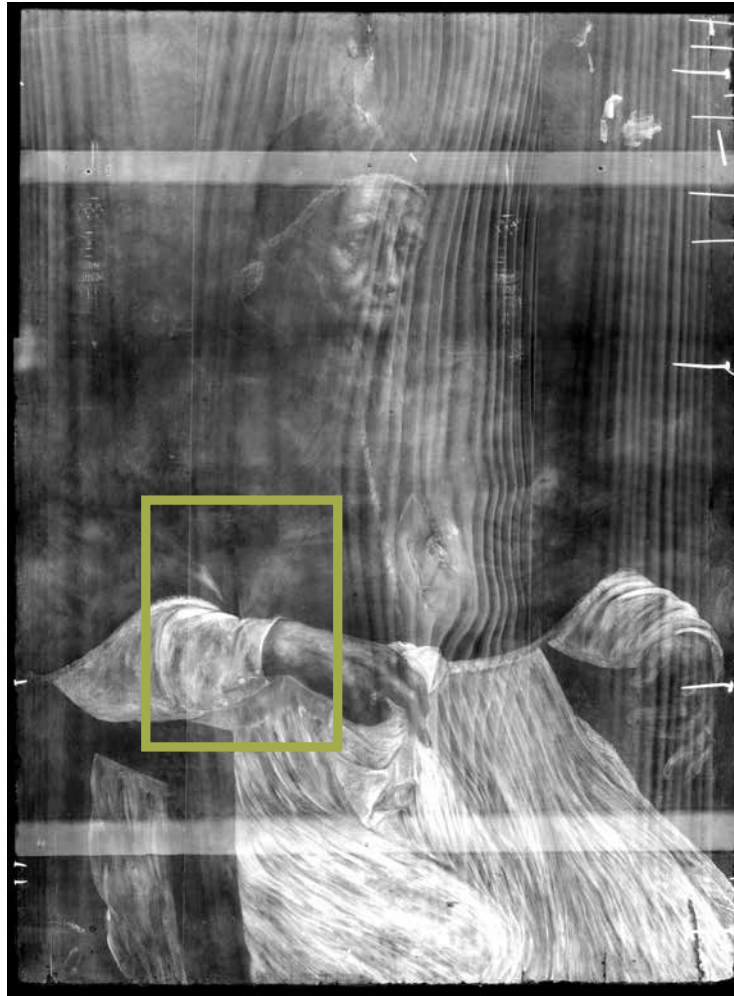
aus London und den Uffizien. Hier ist mehr Raum zum oberen Bildrand. Der Papst wirkt weniger dominant, ja fast schon milde. Was bisher als Eigenanteil Tizians beim Kopieren der Vorlage galt, erscheint jetzt in einem anderen Licht – weil nämlich auch das Städel-Bild diese Dominanz suggerierende Perspektive zeigt.

Möglicherweise also hat Tizian das heutige Frankfurter Bild gekannt und sich nach diesem gerichtet. Jochen Sander bezeichnet das Städel-Bild als »Planungsvariante« und weiteren »Player« in der Entstehungsgeschichte des klassischen Papst-Porträts. Neben Tizian stellte

beispielsweise auch del Piombo einen Papst, Clemens VII., in Untersicht dar. Bei einer anderen Gelegenheit und demselben Pontifex orientierte er sich aber augenscheinlich an der milderer Variante. »Beide Varianten wurden wahrgenommen und rezipiert«, so Sander. Durchgesetzt hat sich dann der Papst auf Augenhöhe, so wie er in den Uffizien zu sehen ist und auch in London. Das dortige Porträt wurde, auch wegen seiner feinmalerischen und detailreichen Ausformulierung, zum Muster der überwiegenden Mehrzahl aller nachfolgenden Versionen und Kopien.

Hier irrt Städel-Direktor Passavant

Das Bild in der National Gallery gilt heute als beste und zumeist auch als chronologisch erste Fassung. Aber wer weiß: Vielleicht war das Städel-Bildnis ja doch früher? Die beiden anderen Gast-Bilder der Kabinettausstellung im Städel Museum hatten jeweils auch schon mal die Nase vorn. Johann David Passavant, ein führender Kunstkritiker des 19. Jahrhunderts und damaliger Direktor des Städel Museums, sah in der heute Tizian zugeschriebenen Fassung Raffaels Original-Porträt. Noch im Verlauf des 19. Jahrhunderts setzte sich dann das Julius-



5 Auf der Röntgenaufnahme ist die Maserung des Pappelholzes gut zu sehen. Der Experte erkennt auch umfangreiche Korrekturen im Verlauf der Farbausführung. Wie beispielsweise die ausgedehnte schattenartige Zone unterhalb des rechten Handgelenks zeigt, muss die Position des Unterarms und der das Tuch haltenden Hand in einer ersten Farbanlage tiefer positioniert gewesen sein. Eine leicht verwischte Stelle oberhalb des Handgelenkes könnte wiederum darauf hindeuten, dass die Segenshand des Papstes in einem entsprechenden Gestus erhoben dargestellt war.

Bildnis in den Uffizien als Erstfassung durch. Diesen Platz verteidigte es lange Zeit auch gegen die zunächst als unbedeutende Kopie geltende Londoner Version. Diese jedoch wurde in den 1960er Jahren zur Urfassung erklärt. Wesentlichen Anteil an der grundlegenden Neubewertung hatten auch hier gemäldetechnologische Untersuchungen.

»Forschung ist immer zeitgebunden. Wir können nur nach bestem Wissen und Gewissen und auf der Grundlage der uns zur Verfügung stehenden Daten eine Interpretation vorlegen«, sagt Jochen Sander. Das Instrumentarium der Untersuchungsmethoden werde fortwährend ausgefeilter und erlaube es, bisher kaum für lösbar geltenden Geheimnissen auf die Spur zu kommen. So auch im vergangenen Jahr: Mit einem erstmals in dieser Art eingesetzten Verfahren gelang es Sander und seinen Kollegen am Städel Museum, die ursprüngliche Bemalung der Außen- und Rückseiten eines frühen Altartabels sichtbar zu machen. Zum Vorschein kamen Heiligendarstellungen und Inschriften, die den Schluss nahelegen, dass dieser Altenberger Altar aus dem späten 13. Jahrhundert auch außerhalb der Messfeiern und in zugeklapptem Zustand zur Andacht verwendet wurde.

Schon in naher Zukunft wird es wohl noch leistungsfähigere Methoden geben, die auch die Rolle des Frankfurter Bildes bei der Entwicklung des so folgемächtigen Porträt-Typus konkretisieren könnten. Jochen Sander: »Ich bin gespannt.« ●



Der Autor

Bernd Frye, 53, arbeitet im Hauptberuf als Pressereferent am Exzellenzcluster »Die Herausbildung normativer Ordnungen« an der Goethe-Universität und als freier Autor auch regelmäßig für »Forschung Frankfurt«.

bernd.frye@em.uni-frankfurt.de



Vorgeschichtliche Bilder schreiben (Kunst-)Geschichte

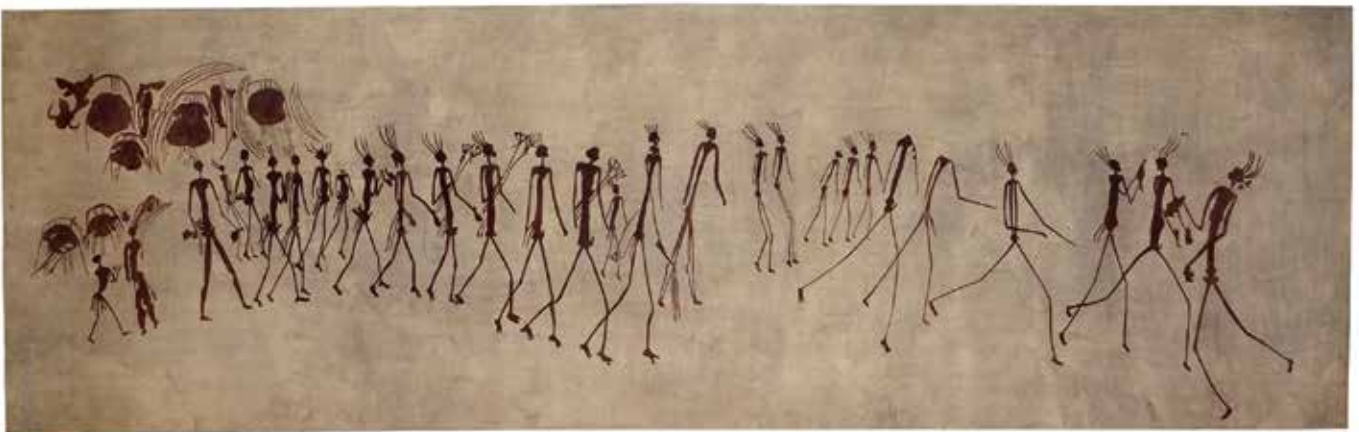
Nach Jahren im Archiv sind die Felsbilder des Frobenius-Instituts
im Fokus gleich mehrerer Disziplinen

von Sabine Graichen

Das Aquarell »Elenantilopen, Büffel und Menschen« hat Maria Weyersberg 1929 in Simbabwe gemalt. Die Vorlage ist mehrere Jahrtausende alt.

Sie lagen in langen Rollen gestapelt in Regalen und Schränken, die kleineren Bilder in Passepartouts waren hochkant in Blechbehälter gesteckt worden und wellten sich schon – und all dies überzog eine dicke Schicht Staub: Die rund 5 000 Kopien prähistorischer Felsmalerei führten in den Archiven des Frobenius-Instituts an der Goethe-Universität Frankfurt ein wahrhaft stiefmütterliches Dasein. Im Lauf der Zeit schien die Sammlung in Bedeutungslosigkeit zu versinken, selbst der Felsbildexperte des Instituts wollte nichts davon wissen, arbeitete lieber mit Fotografien.

Das hat sich grundlegend geändert: Heute feiern die Bilder auf internationalen Ausstellungen ein beeindruckendes Comeback und setzen neue, überraschende Impulse in der Forschung. Kein Zweifel: Es handelt sich um eine Sammlung von unschätzbarem Wert. Die Felsbild-



kopien waren von 1913 bis 1939 auf 16 Expeditionen des von Leo Frobenius gegründeten Instituts für Kulturmorphologie entstanden. Sie stammen überwiegend aus Afrika, aber auch aus Europa, Australien und Ozeanien. Das Alter der Originale, die man in Höhlen und auf Felswänden suchte, wird auf bis zu 30 000 Jahre geschätzt.

1 Elisabeth Mannsfeld, »Prozession«, 1929: Die »Prozession« erinnert an die langgliedrigen Gestalten Alberto Giacomettis. Wie viele andere Künstler der Moderne war auch er fasziniert von der vorgeschichtlichen Kunst.

Es war ein halber Dornröschenschlaf: 50 Jahre lang lagen die rund 5 000 Kopien prähistorischer Felsmalerei in den Archiven des Frobenius-Instituts an der Goethe-Universität. Nun feiern die Bilder auf Ausstellungen im In- und Ausland ein fulminantes Comeback und setzen neue Impulse in der Forschung.

Eine schillernde Persönlichkeit

Leo Frobenius (1873–1938) war der populärste deutsche Ethnologe seiner Zeit und eine schillernde Persönlichkeit. Er war so populär, dass man sogar eine exklusive Zigarrenmarke nach ihm benannte. Sein seit 1925 in Frankfurt ansässiges, finanziell stets prekäres Institut zog Mitte der 1930er Jahre im glanzvollen Palais Thurn und Taxis in der Frankfurter Innenstadt ein. Der Autodidakt war ein äußerst begabter Kommunikator und Medienstratege. Beträchtliche Summen für die aufwendigen Forschungsreisen erhielt er vom früheren Kaiser Wilhelm II., mit dem ihn eine Freundschaft verband, von

2 Die Malerinnen und Maler arbeiteten unter abenteuerlichen, oft strapaziösen Bedingungen. Hier Elisabeth Pauli und Katharina Marr, an Strickleitern baumelnd, beim Kopieren eines Felsbildes 1935 in Algerien.

der Stadt Frankfurt, von Wirtschaftsverbänden, aber auch von Hindenburg und Hitler. Unter führenden Nationalsozialisten war er allerdings heftig umstritten.

Schon als Kind war Frobenius von Afrika fasziniert, und später entwickelte er eine besondere Leidenschaft für die Felsmalerei. So fuhr Frobenius mit einem Team aus Wissenschaftlern, Malerinnen und Malern unter anderem in den Kongo und in den Sudan, ins südliche Afrika, in den algerischen Atlas und gleich mehrfach in die Sahara. Und überall ließ er die prähistorischen Wandzeichnungen kopieren.

In Frankfurt startete eine lange Reihe von Felsbildausstellungen. Besonders in den 1930er Jahren gingen die Bilder auf Reisen: Die oft in vielen Schichten gemalten Tiere – Elefanten, Giraffen, Büffel, Hirsche und Antilopen –, die meist langgliedrigen, manchmal tierköpfigen menschlichen Gestalten und die rätselhaft wirkenden amorphen Gebilde, die Frobenius

»Formlinge« nannte, wurden in vielen deutschen und europäischen Städten gezeigt: in Berlin, Oslo und Brüssel, in Paris, Zürich und Wien. 1937 dann in New York: Die Ausstellung der Felsbildkopien im Museum of Modern Art (MoMA) war nicht nur der Höhepunkt von Frobenius' Leben, sondern zugleich ein Meilenstein der Kunstgeschichte.

Eine beiläufige Entdeckung

Mehr als sechs Jahrzehnte später entdeckte ein Mitarbeiter des Frobenius-Instituts die Dokumente zur MoMA-Ausstellung im Archiv – und stieß so auch auf die Sammlung von Kopien, die als wissenschaftliche Dokumentation weitgehend ausgedient hatten.

Dr. Richard Kuba, Ethnologe und wissenschaftlicher Mitarbeiter am Frobenius-Institut, beantragte die Digitalisierung der Bilder bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und begann mit den Recherchen zur Sammlungs- und Rezeptionsgeschichte. Als Sammlungskurator ist er beim Institut zuständig für das Felsbildarchiv. »Die Recherchen erwiesen sich als unerwartet spannend«, erläutert Kuba. »Neue Themenfelder eröffneten



sich; insbesondere Kunsthistoriker zeigten großes Interesse«, so der Ethnologe. Der Dornröschenschlaf war vorüber. 2014 folgte eine erste Ausstellung der Bilder im Pariser Goethe-Institut und 2016 eine von Publikum und Presse gefeierte Schau im Berliner Martin-Gropius-Bau; im Frühjahr 2017 dann war eine Auswahl von Bildern in Dakar zu sehen. Von Juli bis November 2017 wurde wiederum ein Teil der Bilder in Mexiko-City gezeigt. »Wir hatten rund 200 000 Besucher«, sagt Kuba. Der Ausstellungskatalog wurde zudem als bester des Jahres in Mexiko prämiert.

Die Felsbildkopien, ihre Entstehung und Wirkung sind gleich für mehrere Wissenschaften von Bedeutung: für die Ethnologie, die Archäologie und die Vorgeschichte, für die Kunstgeschichte, aber auch für die Genderforschung. Für Archäologie und Vorgeschichte bieten die Bilder unschätzbare Einblicke in längst Verlorengeglabtes. Viele originale Felsbilder sind durch Erosion und menschliche Einwirkung mittlerweile teilweise oder ganz zerstört. Die historischen Frobenius-Kopien ermöglichen ihre digitale Rekonstruktion, etwa in den Drakensbergen im Osten Südafrikas. Dort werden zerstörte Felsbilder mithilfe der Archivmaterialien aus Frankfurt wiederhergestellt.

»Inzwischen«, so Richard Kuba, »gibt es einen regen Austausch mit Felsbildexperten weltweit.« Auch ein interdisziplinäres deutsch-französisches Projekt über die Beziehungen zwischen Ethnologie und Prähistorie zu Beginn des 20. Jahrhunderts ist geplant.

Vorgeschichte meets Moderne

Die Kunstgeschichte wiederum hat eine ganz andere Sicht auf die Bilder. Doch seit wann interessiert man sich hier mit Leidenschaft für Kopien? Zumal die prähistorische Felsmalerei bislang nicht zum kunsthistorischen Kanon

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Der Ethnologe Leo Frobenius, eine illustre Persönlichkeit, unternahm zahlreiche Forschungsreisen und »sammelte« von 1913 bis 1939 mit großem Aufwand Felsbildkopien in Afrika, Europa, Australien und Ozeanien.
- Nach erfolgreichen Ausstellungen in Europa und New York durch Frobenius selbst gerieten die insgesamt 5 000 Bilder in den Archiven des Frobenius-Instituts in Vergessenheit.
- 2006 wurden sie wiederentdeckt, restauriert und digitalisiert. Seither sind sie nicht nur begehrte Objekte für Ausstellungen weltweit, sondern verhelfen auch so unterschiedlichen Disziplinen wie Kunstgeschichte, Ethnologie und Genderforschung zu neuen Forschungserkenntnissen.
- 2019 werden sie erstmals auch wieder in Frankfurt zu sehen sein: im Museum Giersch der Goethe-Universität.

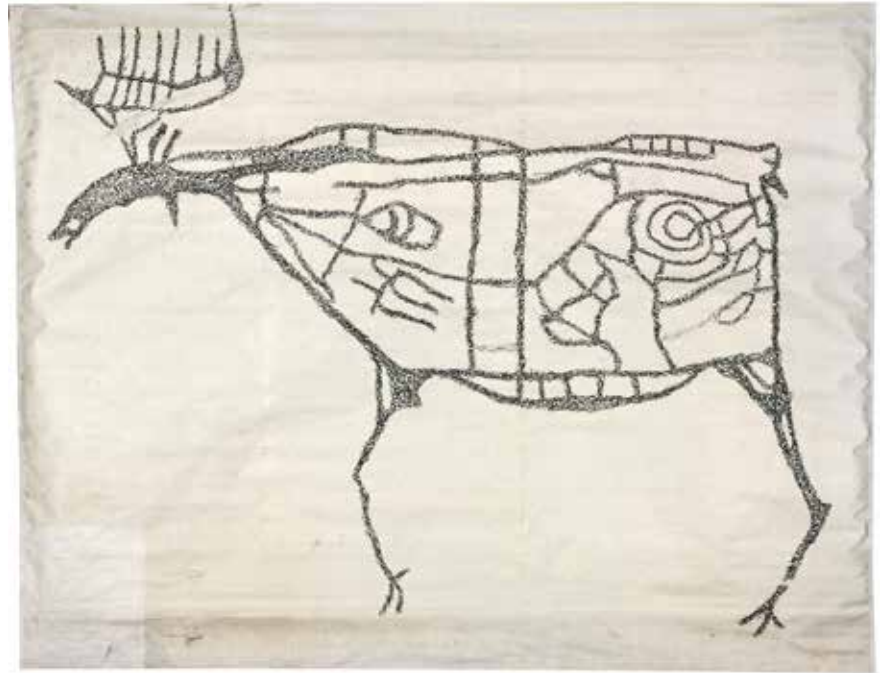
gehört. Die Spur führt zurück zur Ausstellung 1937 in New York, die wieder ins Blickfeld der Forschung geraten ist. Dort hatte Alfred H. Barr, der legendäre Gründungsdirektor des MoMA, die Felsbildkopien auf drei Etagen wie eigenständige Kunstwerke präsentiert. Ein Jahr zuvor war er nach Frankfurt gereist, um gemeinsam mit Frobenius eine Auswahl zu treffen. Doch dabei hat es der Kunsthistoriker Barr nicht belassen: Auf der vierten Etage, in einer separaten Abteilung, platzierte er eine kleine Auswahl an Bildern der europäischen Avantgarde, etwa ein Dutzend Werke unter anderem von Hans Arp, Joan Miró, Paul Klee und Wassily Kandinsky. So führte Barr seinem Publikum den Einfluss von Frobenius' Felsbildkopien auf die Kunst der Moderne vor Augen. Es war ein kühner, damals allerdings sehr kontrovers diskutierter Brückenschlag zwischen prähistorischer und moderner Kunst.

Die Felsbildschau, die im Anschluss durch mehrere amerikanische Städte wanderte, hatte in den USA eine riesige Resonanz. Und sie erregte offensichtlich die Aufmerksamkeit amerikanischer Künstler der New York School. Die monumentalen Formate einiger Felsbildkopien, darunter Werke von bis zu zehn Metern Länge, inspirierten wohl auch Jackson Pollock, der wenige Jahre später zu den Protagonisten des Abstrakten Expressionismus gehörte.

Doch zurück zur europäischen Avantgarde: Die Analogien zwischen prähistorischer und moderner Kunst werden inzwischen in zahlreichen Studien erforscht. Kein Zweifel, die oft perspektivlos auf der Fläche schwebenden, zum Teil abstrakt wirkenden Gebilde und Symbole der Felsbilder kommen uns bekannt vor und erinnern an das Formenrepertoire der Moderne. Dabei war es natürlich umgekehrt: Frobenius' Felsbildausstellungen wurden nicht nur von Ethnologen und Prähistorikern besucht, sondern auch von Künstlern. So standen 1930 auf der Einladungsliste in die Pariser Salle Pleyel Namen wie Pablo Picasso und Joan Miró. Auch deutsche und Schweizer Künstler wie Ernst Ludwig Kirchner, Willi Baumeister und Alberto Giacometti waren fasziniert von der vorgeschichtlichen Kunst. Die Felsbilder trafen den Nerv der Zwischenkriegszeit, man war auf der Suche nach Ursprünglichkeit, nach unverfälschter, nicht akademisch verformter Kunst. Diese Wirkungsgeschichte der Felsbilder war für Frobenius, der für moderne Kunst kein Interesse zeigte, unerwartet. Durch die Kopien ist er unbeabsichtigt zu einer Schlüsselfigur der Moderne geworden.

Abenteuerlicher Arbeitsplatz

Sind die Kopien jedoch »nur« dokumentarische Wissenschaftsbilder, oder handelt es sich um



eigenständige Werke? Frobenius beschäftigte auf seinen Expeditionen insgesamt mehr als 20 Malerinnen und Maler. Die meisten von ihnen hatten eine künstlerische Ausbildung absolviert, zum Beispiel an der renommierten Frankfurter Städelschule. Sie kopierten die Felsbilder unter abenteuerlichen, oft strapaziösen Bedingungen: auf allen Vieren durch feuchte Höhlen kriechend oder an heißen, steilen Felshängen auf Strickleitern baumelnd.

Es waren auffallend viele Frauen dabei, und der – zumal für die 1920er und 1930er Jahre –

3 Nein, kein Beuys! Die zarte Felsbildkopie »Ren, Hirsch oder Elch« hat Agnes Schulz 1934 in Norwegen gezeichnet.



4 Im karierten Sommerkleid unter einem Felsüberhang liegend kopiert die Malerin Maria Weyersberg ein Felsbild. Die Arbeit war ein nicht nur körperlich, sondern auch geistig anspruchsvoller Akt. Hier offenbarten die Frauen besondere Stärke. Das Bild ist zwischen 1928 und 1930 in Lesotho entstanden.



5

5 Joachim Lutz, »Stehende und liegende Formlinge«, 1929: »Formlinge« nannte Leo Frobenius diese rätselhaft wirkenden, abstrakten Gebilde.

6 Von Felsbildern inspiriert ist auch Willi Baumeisters »Schreitende Figur«. Hier lässt sich sogar ein sogenannter »Fomling« erkennen.

7 (rechte Seite) Agnes Schulz, »Liegender mit Hörnermaske«, 1929: Prähistorie oder Surrealismus? Die tierköpfigen menschlichen Gestalten aus Afrika erinnern an das Formenrepertoire der Moderne.

außergewöhnlich hohe Anteil an weiblichen Mitarbeitern hat für Spekulationen gesorgt. Hatte Frobenius die Frauen aus wirtschaftlichen Gründen engagiert, weil sie die Kosten senkten? Dazu Dr. Gisela Stappert, die sich als Ethnologin besonders mit Genderthemen befasst: »Die These, dass speziell die Zeichnerinnen, die überwiegend aus wohlhabenden Verhältnissen stammten, billige, weil unbezahlte beziehungsweise unterbezahlte Arbeitskräfte waren, ist eine vorschnelle und simple, zumal nicht belegte Behauptung.« Stappert betont den Anreiz bei den Frauen selbst: »Sie erkannten und ergriffen die Chance, von ihrem in den bürgerlichen Gesellschaftskreisen von Geburt an vorgezeichneten Lebensweg als Ehefrau und Mutter auszuberechnen.« Frobenius muss ein Motivationsgenie gewesen sein: Die Frauen erhielten von ihm Anerkennung und Lob, er ermutigte sie zu eigenen wissenschaftlichen Publikationen. Und sie dankten es ihm mit außerordentlich hoher Einsatzbereitschaft. Aus der gemeinsamen Arbeit gingen mindestens sieben Ehen hervor, meist zwischen Malerinnen und Wissenschaftlern, seltener auch umgekehrt. Frobenius und



6

sein Institut hatten ein großes Identifikationspotenzial, besonders für die Frauen. Und das auch über seinen Tod hinaus.



Die Autorin

Sabine Graichen, M.A., Jahrgang 1959, hat in Hamburg, Florenz und Gießen Kunstgeschichte und Germanistik studiert. Als Lehrbeauftragte an der Ludwig-Maximilians-Universität in München hat sie sich mit Ausstellungskatalogen und Kunstbuchverlagen beschäftigt. Mit der Moderne befasste sie sich besonders im Rahmen des Projektes »Phänomen Expressionismus« des Kulturfonds Frankfurt RheinMain. Sie arbeitet als Redakteurin und freie Journalistin für Kulturinstitutionen und Fachzeitschriften.

sabine.graichen@t-online.de

Kopien als große Kunst

Das Kopieren der Bilder war für Frobenius ein fast mystischer Prozess. Er wünschte sich, dass die Kopien möglichst die »Geistigkeit, die die Werke (vor tausenden Jahren) erstehen ließ«, übermitteln.

Jede Ergänzung oder Idealisierung lehnte er ab, eigene schöpferische Impulse sollten unterdrückt werden – ein nicht nur körperlich, sondern auch geistig mühsamer, fast demutsvoller Akt, den Elisabeth Krebs, eine der Malerinnen, eindrucksvoll beschrieben hat: »Ganz klein wird man, und so vieles muss man verleugnen, um dessentwillen man so stolz sein möchte. Was nützt einem die schöpferische Phantasie und grosser schwungvoller Stil, das viele Können und die technische Vollendung?«. Zurückhaltung, Geduld und Bewunderung für die jahrtausendealten Felsbilder waren gefragt – Tugenden, in denen die Frauen oft mehr Stärke offenbarten als ihre männlichen Kollegen. Und dennoch besitzen die von den Künstlern in der Regel nicht signierten Kopien eine eigene ästhetische Qualität.



7

Im Frühjahr 2019:

Felsbilder endlich auch in Frankfurt

Davon wird man sich bald auch in Frankfurt überzeugen können: Im Frühjahr 2019 wird das Museum Giersch der Goethe-Universität die Sammlungen des Frobenius-Instituts vorstellen. Dazu die Kunsthistorikerin Dr. Birgit Sander, Kuratorin und stellvertretende Leiterin des Museums: »Die Ausstellung präsentiert eine Auswahl an Felsbildzeichnungen und Fotos der Exkursionen. Ein besonderer Akzent wird auf die Malerinnen und Maler gesetzt, die dieses Bildmaterial sowie Zeichnungen von ethnografischen Objekten, Kunst und Architektur schufen.« Darüber hinaus sind einzelne Gegenüberstellungen von Werken moderner Kunst und Felsbildzeichnungen geplant. Und noch etwas wird die Schau vor Augen führen, erklärt Sander: »Dass die ethnografischen Werke der Maler und Malerinnen des Instituts von der Kunst ihrer Zeit beeinflusst sind.«

So gehören die von der Forschung wiederentdeckten Kopien prähistorischer Felsbilder, die auf den zahlreichen Expeditionen des Frobenius-Instituts entstanden sind, zur Geschichte der Moderne. Und die Moderne zur Geschichte der Kopien. ●



8 Leo Frobenius 1937 in New York. Die Ausstellung der Felsbildkopien im Museum of Modern Art (MoMA) war der Höhepunkt seiner Karriere. Den Chauffeur und die Limousine im Hintergrund hatte ihm der Industrielle Walter P. Chrysler Jr. zur Verfügung gestellt.

Literatur

Kunst der Vorzeit. Felsbilder aus der Sammlung Frobenius, Ausstellungskatalog herausgegeben von Karl-Heinz Kohl, Richard Kuba und Hélène Ivanoff, Prestel Verlag, München 2016.

Kunst der Vorzeit. Texte zu den Felsbildern der Sammlung Frobenius, herausgegeben von Karl-Heinz Kohl, Richard Kuba, Hélène Ivanoff und Benedikt Burkard, Frobenius-Institut an der Goethe-Universität Frankfurt am Main 2016.

Können auch Bilder erzählen?

Visualität und Narrativität im Comic

Comics sind ein überaus beliebtes Genre, vielleicht mehr denn je. Manga, aber auch Graphic Novels haben heute in jedem Buchladen ihre eigenen Regale. Aber worum handelt es sich eigentlich: um Bilder, die mit Text ergänzt werden, oder vice versa? Lesen wir oder schauen wir Comics, und warum lohnt es sich, dieses Misch-Genre zu erforschen? Darüber hat Dirk Frank mit Bernd Dolle-Weinkauff, Literaturwissenschaftler und Comic-Experte am Institut für Jugendbuchforschung, gesprochen.

1 Pluriszenisches Erzählen im Comic: Die Protagonisten der Handlungen sind dreimal im gleichen Bildraum bei der Fortführung ihres Gesprächs zu sehen. Die Autoren von »Logicocomix«, einer Biographie des Philosophen Bertrand Russel, verwenden eine narrative Bildtechnik, die aus mittelalterlichen Altarbildern als »Simultanbild« bekannt ist.

Dr. Dirk Frank: Herr Dr. Dolle-Weinkauff, Lessing geht es in seinem berühmten »Laokoon«-Aufsatz (siehe Kasten) um die unterschiedlichen Darstellungspotenziale von Bildender Kunst auf der einen und Literatur auf der anderen Seite. Das mag uns heute vielleicht als antiquiert erscheinen, gleichwohl die Frage an den Comicforscher: Kann der Comic etwas darstellen, was andere Kunstformen nicht können?

Dr. Bernd Dolle-Weinkauff: Ja, durchaus. Der Comic verfügt über Erzählformen, die in keinem literarischen Text und auch nicht im Film anzutreffen sind. Ein Beispiel: David Small erzählt in seiner Graphic Memoir »Stiche« eine Kindheitsgeschichte. Ein kranker bettlägeriger Junge muss zum Psychiater. Wie dieser Praxisaufenthalt dann erzählerisch formuliert wird, ist außergewöhnlich; denn der Junge verfällt in eine Art Gedankenstrom. Der spärliche Schrifttext in den Panels beschränkt sich auf Andeutungen: »Ich saß im Wartezimmer...«, darauf folgt eine Bilderreihe mit einfachsten Strichen, aus der allmählich eine Regenwand entsteht, an die sich weitere assoziative Bilder reihen. Zwar könnte man diese Fiktion in der Fiktion auch versuchen, im Film nachzustellen, nicht aber mit einzelnen Bildern und nicht in dieser Form, die sich in ihrer eigenen Zeichenhaftigkeit decouviert.

Frank: Lessing spricht in der »Laokoon«-Schrift auch vom »fruchtbaren Moment« einer Handlung, den der Bildende Künstler finden müsse, da ein Bild laut Lessing nicht(s) erzählen kann. Hat er recht, wenn man seine Theorie auf den Comic anwendet?

Dolle-Weinkauff: Lessing konnte natürlich nichts Substanzielles über den Comic sagen, weil es den zu seiner Zeit noch nicht gab und dessen Vorläufer, die Bildgeschichte, nicht als legitime Kunstform galt. Was er in seinem »Laokoon«-Text darlegt, zeigt eine ästhetisch wirkmächtige Grundspannung zwischen dem Statischen des Bildes und dem Kontinuierenden der Erzählung auf. Was Lessing gar nicht im Blick hat, ist die narrative Bildfolge, er bezieht sich immer nur auf das Einzelbild. Vom sequenziellen Erzählen, d.h. von Bildgeschichte und Comic, kann man aber erst dann sprechen, wenn auf ein erstes Bild mindestens ein zweites folgt. Das Konzept des »fruchtbaren Augenblicks«, das ja besagt, dass der Künstler einen solchen Moment wählt, der das Vorherige und das Nachfolgende einer Handlung erahnen lässt, ohne dabei zu vereindeutigen, lässt sich aber durchaus in der Einzelbildgestaltung mancher Comics nachweisen. Harold Foster, der seit 1937 »Prince Valiant«, dt. »Prinz Eisenherz« zeichnete, war geschult an der Historienmalerei des 19. Jahrhunderts, die sich sehr an Lessings Maxime orientiert hat, etwa mit ihren großformatigen Hofszenen oder Schlachtenbildern. Da wurde sozusagen versucht, den »fruchtbaren Augenblick« eines historischen Ereignisses in der Nutzung der Fläche herauszuarbeiten.

Frank: Konnte Lessings Theorie für den Comic denn verbindlich werden?

Dolle-Weinkauff: Nein, weil sie im Grunde auf vorbekannte, mythologische und ähnliche Stoffe zielte: Die Laokoon-Skulpturengruppe beispielsweise setzt ja voraus, dass der Betrachter mit der

ÜBRIGENS -
ICH HABE GIAN-
CARLO ROTAS ARTI-
KEL GELESEN, DEN DU
MIR GESCHICKT HAST
UND IN DEM ES UM DAS
ERSTAUNLICH HOHE
VORKOMMEN VON PSY-
CHOSEN IM LEBEN DER
GRÜNDERVÄTER
DER LOGIK GEHT.

WAS DANN?
ETWA DER UMKEHR-
SCHLUSS „IRRSINN IST
DIE BESTE VORAUS-
SETZUNG, LOGIKER
ZU WERDEN“?

STOPPI!
NICHT JETZT
SCHON VERRA-
TEN, WER DER
GÄRTNER
IST!

DAS KOMMT
DER SACHE
SCHON NÄHER,
MIT ANDEREN
WORTEN -

BRINGT DICH
DAS NICHT INS
GRÜBELN? ZUMAL
DER GROSSTEIL DER
SONSTIGEN MATHE-
MATIKER ENTGEGEN
DER ÖFFENTLICHEN
MEINUNG NICHT
VERRÜCKT WIRD.

WARUM ALSO
DIESER HOHE
PROZENTSATZ AN
WAHNSINN AUSGE-
RECHNET BEI LOGI-
KERN? ZUMAL ...

... ICH DAS KLISCHEE
„LOGIK IST DIE BESTE
VORAUSSETZUNG,
VERRÜCKT ZU WER-
DEN“ FÜR QUATSCH
HALTE.



2 Ein Comic ohne Worte: Der kleine rote Weltraumhund diskutiert mit einem Alien über dessen Welt und die eigene, von der er kommt. Hendrik Dorgathen verwendet in »Space Dog« statt Schriftzeichen ausschließlich graphische Symbole und Piktogramme in den Sprechblasen.

»Ilias« vertraut ist. Sie bietet also eine spezifische, u.U. neue Ansicht eines bekannten Stoffs. Comics dagegen präsentieren nicht nur neue Ansichten, sondern immer neue Erzählungen, die aus sich selbst heraus verständlich sein müssen.

Das erklärt auch den Hang zum Eindeutigen und Unmissverständlichen, der in den Mainstream-Comics vorzufinden ist. Wenn Superman einen Gegner mit einem gezielten Faustschlag zu Boden streckt, wird mit dieser Aktionslogik bewusst der fruchtbare Moment zerstört, da das Bild – im Unterschied zu Lessings Forderung – keine Fragen mehr

offenlässt. Im Manga hingegen haben wir häufig eine ganz andere Bewältigung dieser bildnerischen Problemstellung: Hier erstrecken sich die Handlungshöhepunkte oft über mehrere Seiten und die Aktion wird in zahllose Bildpartikel aufgelöst, die selten die Handlung als Ganzes vorführen – sie wird vielmehr durch diese Technik geradezu verrätselt, da der Leser die Leerstellen zwischen diesen Fragmenten in seiner Imagination überbrücken muss. Das entspricht dann in gewisser Weise durchaus wieder der Fantasieleistung, die Lessing der Rezeption von Bildender Kunst zuschreibt.

Frank: Wie sind Sie als Literaturwissenschaftler, der ja den Texten verpflichtet ist, bei den Comics gelandet?

Dolle-Weinkauff: Ich bin von der Textwissenschaft keinen Millimeter abgewichen, denn der Text eines Comics besteht für mich gerade aus der Kombination von Schrift und Bild. Sprechen wir nicht auch zu Recht davon, dass wir Comics lesen (und nicht bloß betrachten)? Es gibt eine ganze Menge Comics, die können Sie alleine anhand der Sprechblasen und Blocktexte lesen. Aber die Attraktion, die Suggestivität und Atmosphäre geht ohne Bilder dann verloren. Die Bedeutung des Bildes im Comic hat man bisweilen allzu sehr in den Vordergrund geschoben; das zweite Zeichensystem, die Schrift, ist für die Sinnstiftung von Erzählung aber unverzichtbar. Bei kürzeren Comics oder kürzeren, rein piktoralen Abschnitten einer längeren Erzählung kann das vielleicht auch nur über das Bild funktionieren, nicht aber bei umfangreichen, wie einem Comicroman. Schrift hat eine direkte Funktion, vereindeutigt das, was das Bild nur andeutet – und stellt es manchmal auch infrage, schafft Spannung. Das ist auch ein Grund, warum ich Comics zur Literatur und nicht zur Bildenden Kunst zählen würde. Comics sind meines Erachtens also vollkommen legitime Gegenstände der Literaturwissenschaft.

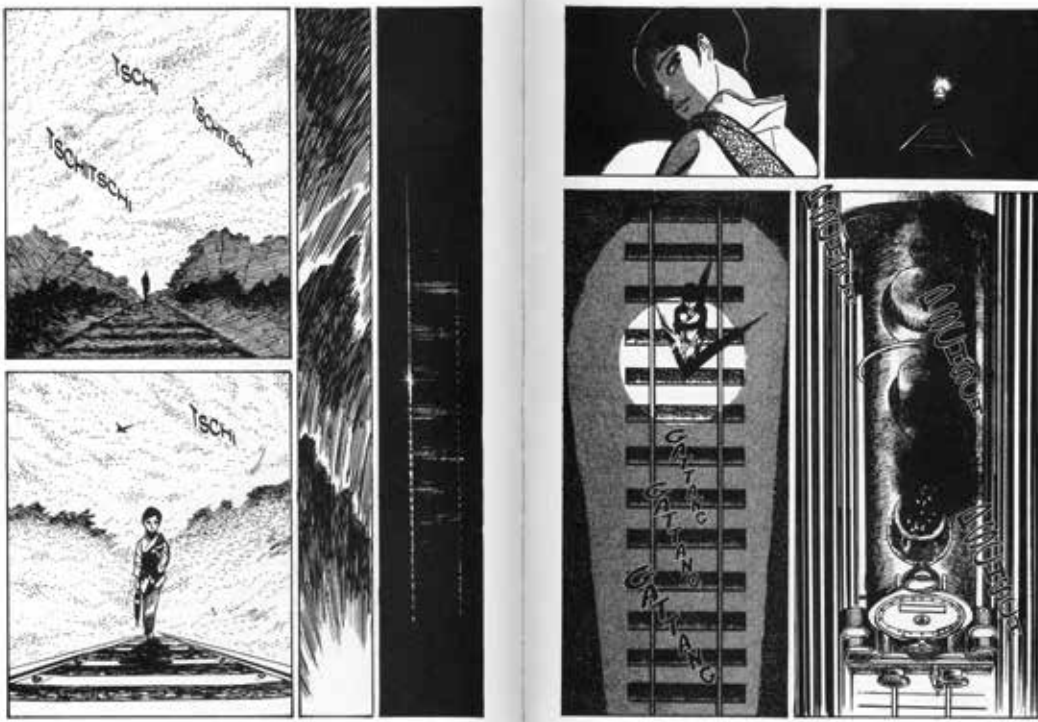
Frank: In der Kinder- und Jugendliteraturforschung sind Comics wahrscheinlich immer schon ein Thema gewesen?

Dolle-Weinkauff: Comics galten lange Zeit noch als Schundliteratur, daher wurden sie von wissenschaftlichen Bibliotheken auch nicht gesammelt, geschweige denn erforscht, es sei denn im Rahmen von Trivilliteraturforschung. In den 1980er Jahren wurde ich aber in einem DFG-Projekt an der Goethe-Uni mit der Arbeit an einer Geschichte des Comics in Westdeutschland betraut, die diesen Gegenstand unvoreingenommen zu betrachten suchte. Ein Teil meiner Arbeit bestand im Aufbau eines Comic-Archivs. Damals hatten wir gerade einmal 10 000 Medieneinheiten, die sich mehr oder wenig unsortiert in einigen Regalen stapelten. Die Comics waren nicht erfasst, es gab nicht einmal Ansätze eines Katalogs. Mittlerweile ist die

ZEIT UND RAUM

Der Dichter und Aufklärer **Gotthold Ephraim Lessing** beschäftigt sich in der Schrift »Laokoon oder über die Grenzen der Malerey und Poesie« (1766) mit dem Unterschied von Bildender Kunst und Literatur; anhand einer antiken Skulptur, der »Laokoon-Gruppe«, die heute in den Vatikanischen Museen zu sehen ist, versucht er darzulegen, dass die Bildende Kunst Gegenstände zum Zwecke der Nachahmung nebeneinander im Modus der Gleichzeitigkeit anordnet. Im Unterschied dazu ordnet die Literatur ihre Zeichen in einem linearen Nacheinander an. Aus dieser Grunddifferenz leitet Lessing ab, dass

die Bildende Kunst sich auf die Nachahmung von »Körpern«, d. h. auf das räumliche Nebeneinander von Gegenständen, konzentriert; will sie Handlungen darstellen, könne sie das nur, wenn der prägnanteste Teil einer Handlung gewählt werde, der das Vorhergehende und darauf Folgende verständlich mache. Die Literatur hingegen konzentriert sich auf Gegenstände, die zeitlich aufeinanderfolgen, also auf Handlung. Daher spricht sich Lessing auch gegen eine beschreibende Literatur aus; Menschen oder Gegenstände sollten nicht ausführlich beschrieben, sondern über die Handlung dargestellt werden.



3 Yuki Kashima, genannt Lady Snowblood, auf ihrem Rachefeldzug entlang der Bahnstrecken Japans. Auszug aus einer achtseitigen Bildfolge – Im Manga werden Handlungen oftmals in zahlreiche Einzelbilder mit unterschiedlichsten Formaten und Perspektiven zerlegt, deren Details sich nur im Kontext erschließen.

4 Spiel mit Fiktion und Realität, Medium und Materialität, Zeichnung und Photographie: In den graphischen Erzählungen von Marc-Antoine Mathieu gelingt es seinem Geschöpf, dem Angestellten im Ministerium für Humor mit Namen J. C. Acqefacques, immer wieder, seinem Schöpfer zu entkommen.

5 Ästhetisierung der Gewalt: Der Auftakt der Schlacht bei Thermopylae in vollendeter Schattenriss-Komposition. Der Autor Frank Miller schwelgt in seiner Erzählung vom Untergang des Leonidas und seiner 300 Spartiaten in gezeichneter Brutalität und Gewalt. Die vorliegende Szene wurde in der Verfilmung von Zack Snyder (2006) nahezu identisch nachgestellt.

3



4



5



6 Seitenmontage mit Insert-Panels: Der investigative Comic-Journalist Joe Sacco montiert die Aussagen und Porträts von Zeitzeugen der Ereignisse im Gaza-Streifen von 1956 auf eine Hintergrundfolie, in der diese in einer bedrückenden Massenszene zeichnerisch evokiert werden.

Comics wie etwa die »Asterix«-Bände, die sich an jugendliche Leser richten, aber zur generationenübergreifenden Lektüre wurden, sind *doppelcodiert*, so dass bestimmte Bedeutungsdimensionen der Erzählung nur von Erwachsenen erfasst werden. Auch der *visual* bzw. *pictorial turn* in den Kulturwissenschaften hat mit der gesteigerten Aufmerksamkeit für das Bild dazu geführt, genauer auf den Comic zu schauen.

Frank: Eine im Augenblick sehr beliebte Untergruppe moderner Comics sind die Graphic Novels, vor allem die Umsetzungen von Romanen.

Dolle-Weinkauff: Als Sammelbegriff für eine bestimmte Gattung taugt dieser Terminus nicht, da die Bezeichnung »Roman« auf die so bezeichneten Werke oft gar nicht zutrifft. So handelt es sich schon beim ersten Band, der als Graphic Novel für Furore sorgte, Will Eisners »A Contract with God«, um eine Sammlung von vier Kurzgeschichten. Graphic Novel beschreibt keine Form, sondern drückt einen literarischen Anspruch aus. Literaturadaptionen machen einen wichtigen Teil des Graphic-Novel-Angebots aus. Sie unterscheiden sich grundlegend von den einschlägigen, stark simplifizierenden Heften der 1950er Jahre, die als »Illustrierte Klassiker« Literatur bloß popularisieren sollten. Ambitionierte Literaturadaptionen der Gegenwart, wie etwa die Parodie des Goethe'schen »Faust« von Flix (d.i. Felix Görmann) oder von Kafkas »Die Verwandlung« aus der Feder von Horne und Corbeyran, bemühen sich um eigenständige Zugänge und Ausdrucksformen. Der Zeichner Stéphane Heuet beispielsweise hat bei seiner hochgelobten Umsetzung von Prousts »Auf der Suche nach der verlorenen Zeit« auf

Sammlung auf 70 000 Hefte, Bücher, Taschenbücher und Alben angewachsen, die in einer elektronischen Datenbank recherchierbar sind, allerdings bislang nur in Terminals in der Bibliothek für Jugendbuchforschung und noch nicht im Internet.

Frank: Hat die Protest- und Gegenkultur auch einen Einfluss auf die geänderte Akzeptanz des Comics gehabt? Denn gerade im TITANIC-Umfeld griffen Zeichner und Schriftsteller wie Robert Gernhardt gerne auf Comics zurück.

Dolle-Weinkauff: Ja, das stimmt. Das waren dann Comics für Erwachsene, und wenn man sich die Entstehung der Comickultur anschaut, gar nicht untypisch: Denn ursprünglich waren Comics

nicht für Kinder und Jugendliche gedacht. Die ersten Comics entstanden in den USA um 1900 herum, richteten sich an Erwachsene, wurden ausschließlich in Zeitungen auf den Unterhaltungsseiten abgedruckt. Bis in die 1930er Jahre des letzten Jahrhunderts sollte das auch so bleiben, änderte sich dann aber schlagartig. Das Comicheft für Kinder und Jugendliche avancierte dann zum eigentlichen Medium des Comics. Damit setzt zugleich eine Phase ein, in der mit Comics etwas Kindisches assoziiert wurde, bis hin zum Vorwurf der Schundliteratur und dem pädagogischen Furor, dagegen etwas tun zu müssen. Diese protektionistische Haltung wurde erst ganz allmählich zurückgedrängt, nicht zuletzt, weil sich auf Seiten der Comicproduktion auch etwas tat.

einen klassischen Comicstil zurückgegriffen, um den Stoff zu verfremden. Er hat sich der »ligne claire«, des scheinbar einfachen Erzählens in der Tradition des Belgiers Hergé, bedient, ein Stil, den man sonst eher bei an Kinder adressierten Comics findet – sehr gewagt bei einem Klassiker der Moderne, aber sehr gelungen.

Frank: Als Comics werden manchmal nicht nur die gedruckten Hefte, sondern auch die Animations- und Zeichentrickfilme bezeichnet.

Dolle-Weinkauff: Es handelt sich dabei aber – mit dem Film einerseits und der Druckschrift andererseits – nicht nur um ganz verschiedene Medien, sondern auch um unterschiedliche Strukturen des Erzählens. Im Comic haben wir es mit statischen Bildern zu tun, die

Körper in der Bewegung. Der Print-Comic wird aber erst dann interessant, wenn er das hinter sich lässt und etwas anderes entwickelt: nämlich Figuren als Träger von eigenen Welten kreiert. Anhand der Figuren wird aus den Komponenten des Films ein komplexes Universum geschaffen, das erzählbare Geschichten in Serie liefert. Das war auch das Erfolgsrezept der »Donald-Duck«-Reihe, die auf den Zeichner Carl Barks zurückgeht. Er hat dem Donald Duck bestimmte Eigenschaften verliehen, eine Heimat gegeben – Duckburg, auf Deutsch Entenhausen, und die Figur in Familien- und Verwandtschaftsverhältnisse eingebettet. In den ursprünglichen »Donald-Duck«-Filmen gab es das noch nicht. Es gibt nun aber auch die umgekehrte Variante, nämlich Comics zu verfilmen. In den USA hat man aus den beliebten Superhel-



ZUR PERSON

Dr. Bernd Dolle-Weinkauff ist Akademischer Oberrat und seit 1989 Kustos des Instituts für Jugendbuchforschung der Goethe-Universität Frankfurt. Er ist Honorarprofessor der Gesamthochschule Kecskemét (Ungarn), Gründungsmitglied der »Gesellschaft für Kinder- und Jugendliteraturforschung in Deutschland und der deutschsprachigen Schweiz« (GKJF) und der »Gesellschaft für Comicforschung« (ComFor). Seine Arbeits- und Forschungsfelder sind die Geschichte und Theorie der Kinder- und Jugendliteratur und ihrer Medien sowie Bildgeschichte und Comic.

dolle-weinkauff@rz.uni-frankfurt.de

aber in ihrer Anordnung und Gestaltung einen Erzählfluss in der Imagination des Lesers bewirken. Das unterscheidet ihn zum einen von den animierten Bildern des Zeichentrickfilms, zum anderen aber auch vom Realfilm, der einen Vorgang nahezu bruchlos in bewegten Bildern vorführt. Allerdings sind auch die verwandten Züge nicht zu übersehen: Einige der bedeutendsten Comics gehen auf Animationsfilme zurück. Wenn man sich dann die Comics anschaut, die in der Folge entstehen, wird klar, wie sich diese Schritt für Schritt von den Darstellungsformen des Ausgangsmediums lösen. In den frühen Disney-Filmen dominiert die spektakuläre Bewegung, der Slapstick-Gag, die Verzerrung der

denserien Filme gemacht. Die ersten »Superman«- und »Batman«-Filme in den 1960er Jahren waren allerdings eher (unfreiwillige) Lacherfolge, weil es albern aussah, wie diese Helden in ihren seltsamen Trikots in den Kulissen des Realfilms umhersprangen. Da musste der Film erst noch eine angemessene Dramaturgie entwickeln, eine die – wie wir mittlerweile sehen – von der mittlerweile ausgefeilten Tricktechnik ebenso wie von der Ästhetik des gezeichneten Comics geprägt ist: Kein Wunder, dass in heutigen Comicverfilmungen manche Filmbilder wie Standbilder aus der Comicvorlage wirken.

Dr. Dirk Frank ist Pressereferent an der Goethe-Universität.

Literatur

- 1 Barks, Carl: Comics & Stories. Dt. v. Erika Fuchs. 17 Bde. Berlin: Ehapa 2001–2003
- 2 Corbeyran, Eric/Horne, Richard: Die Verwandlung von Franz Kafka. München: Knesebeck 2010
- 3 Dorgathen, Hendrik: Space Dog. Reinbek: Rowohlt 1983, S. 39
- 4 Doxiadis, Apostolos/Papadimitriou, Christos H.: Logicomix. Eine epische Suche nach Wahrheit. Aus dem Engl. v. Ebi Naumann (= Süddeutsche Zeitung Bibliothek. Graphic Novels; Bd. 5)., München: Süddeutsche Zeitung 2012, S. 24.
- 5 Eisner Will: A Contract with God and other Tenement Stories. A Graphic Novel. New York: Baronet 1978
- 6 Flix (d.i. Felix Görmann): Faust. Der Tragödie erster Teil. Hamburg: Carlsen 2010
- 7 Heuet, Stéphane: Auf der Suche nach der verlorenen Zeit. Aus dem Franz. von Kai Wilksen. 6 Bde. München: Knesebeck 2010–2014
- 8 Koike, Kazuo/Kamimura, Kazuo: Lady Snowblood. Bd. 2. Aus dem Jap. v. Dorothea Überall. Hamburg: Carlsen 2017, S. 151/52
- 9 Mathieu, Marc-Antoine: Julius Coirentin Acquefacques, Gefangener der Träume. Die 2,333. Dimension. Aus dem Franz. v. Martin Budde, Berlin: Reprodukt 2005, S. 42.
- 10 Miller, Frank/Varley, Lynn: 300. Dt. von Paul Scholz und Mattias Wieland. Asperg. Cross Cult 2006 [unpag.]
- 11 Sacco, Joe: Gaza [2009]. Übers. v. Christoph Schuler, Zürich: Edition Moderne 2011, S. 265
- 12 Small, David: Stiche. Aus dem Engl. v. Barbara König. Hamburg: Carlsen 2012



Nicht nur ästhetisch wertvoll

Pflanzenbilder und ihre wissenschaftliche Nutzung

von Georg Zizka, Stefan Dressler und Julio Schneider

Abbildungen von Pflanzen, seien es nun Zeichnungen oder Fotografien, haben oft einen hohen ästhetischen oder einen allgemein dokumentarischen Wert. Wie sieht es aber mit dem wissenschaftlichen Nutzen von Bildern aus?

Ein grundsätzliches Problem von Pflanzenabbildungen besteht darin, dass ein dreidimensionales Objekt, also die Pflanze, zweidimensional abgebildet wird. Dadurch gehen zwangsläufig Informationen verloren oder werden verfälscht. Doch selbst wenn dreidimensionale Abbildungen bei der wissenschaftlichen Arbeit im Gelände problemlos und in großer Zahl hergestellt werden könnten (was in der Regel nicht realistisch ist), so würden diese 3-D-Bilder doch erheblich weniger Untersuchungsmöglichkeiten bieten als die Arbeit mit der Pflanze selbst, die zum Beispiel Untersuchungen zur Anatomie, den chemischen Inhaltsstoffen oder die Entnahme von DNA ermöglicht. Das Objekt, ob es sich nun um eine lebende Pflanze handelt oder einen durch Pressen, Trocknen und Montieren der Pflanze praktisch unbegrenzt haltbar gemachten Herbarbeleg in wissenschaftlichen Sammlungen, spielt auf alle Fälle in Bezug auf den wissenschaftlichen Wert in einer »eigenen Liga« und ist für die Forschung und Dokumentation unverzichtbar.

Dennoch können selbst einfache, ohne besondere Hilfsmittel erstellte Bilder, Zeichnungen und Fotografien für die Wissenschaft eine wichtige Rolle spielen – nämlich dann, wenn die Abbildungen die für eine bestimmte Fragestellung relevanten Informationen enthalten. Im Folgenden werden vier Beispiele aus dem Bereich der pflanzlichen Biodiversitätsforschung vorgestellt, bei denen sich die Abbildungen vom Informationsgehalt und der Form der Nutzung deutlich voneinander unterscheiden, die aber alle Teil aktueller Forschung sind oder zu deren Dokumentation dienen.

Es geht bei den Beispielen um Bilder von wissenschaftlichen (Sammlungs-)Objekten, die mit vergleichsweise geringem Kosten- und Zeitaufwand erstellt werden: Dadurch können auch Bürgerwissenschaftler einbezogen werden, die



2



3



4

1 (linke Seite) Zeichnung des Grases »Danthonia montevidensis« (Poaceae), erstellt von der Zeichnerin Elfriede Michels in Zusammenarbeit mit dem Grasspezialisten Prof. Dr. Hans Joachim Conert. Taxonomisch wichtige Merkmale wie Behaarungsmuster und Nervenverlauf lassen sich fotografisch bei den Gräsern meist nicht befriedigend darstellen. **a** Pflanze, **b** Ährchen, **c** Blütenchen, **d** untere Hüllspelze, **e** obere Hüllspelze, **f** Deckspelze, **g** Vorspelze, **h** chasmogame Blüte aus der Rispe, **i** Karyopse und Staminodien einer kleistogamen Blüte aus der Rispe, **j** von einem Prophyllum eingehülltes Ährchen mit kleistogamer Blüte an einem unteren Halmknoten.

2 Screenshot des Portals »African Plants« (www.africanplants.senckenberg.de).

3 Georeferenzierte Pflanzenbilder (d. h. mit genau bestimmtem geografischem Standort) tragen zur Kenntnis der Verbreitung einer Art bei. Hier sind die Orte unter Nutzung von Google Maps markiert, an denen der Affenbrotbaum (»Adansonia digitata«) fotografisch dokumentiert wurde.

4 »Massonia longipes« (Asparagaceae) aus Südafrika, eines von mehr als 55000 Pflanzenbildern in der Datenbank.

zum Teil ganz erhebliche Beiträge leisten (wie etwa bei der Datenbank »African Plants« (www.africanplants.senckenberg.de). (Abb. 2–4) Die daraus resultierende Vielzahl von Abbildungen ermöglicht grundsätzlich neue Analysen (zum Beispiel Arealinformationen durch georeferenzierte Fotos oder automatisierte Merkmalerkennung von Bildern).

Afrikanische Pflanzenvielfalt zugänglich machen – die Fotodatenbank »African Plants«

Fotografien von Pflanzen hat sicher jeder von uns schon angefertigt. Wie erhalten solche Fotografien wissenschaftlichen Wert? Zunächst gibt es Grundanforderungen an die Qualität der Fotografien und die Abbildung relevanter Pflanzenteile (zum Beispiel für die Identifikation der Art) oder der Pflanze in ihrem Lebensraum.

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Keine Form der Abbildung ersetzt die Untersuchung der Pflanze selbst – sei es in frischem oder getrocknetem Zustand – mit Blick auf den wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn. Dennoch spielen selbst einfache, ohne besondere Hilfsmittel erstellte Bilder für die Wissenschaft eine wichtige Rolle. Voraussetzung ist, dass die Abbildungen die für die jeweilige Fragestellung relevanten Informationen enthalten.
- Pflanzenfotografien sind vor allem in Regionen wichtig, in denen noch wenig über die Flora bekannt ist. Sie fungieren z. B. als Vorkommensnachweise, illustrieren aber auch die Pflanze im natürlichen Zustand in ihrer Umgebung.
- Einen Quantensprung für die Biodiversitätsforschung stellen digitale Scans dar, die Herbarien und Sammlungen inzwischen in großem Umfang nutzen. Sie helfen, das wertvolle Material einer möglichst breiten wissenschaftlichen Community zugänglich zu machen und es zugleich zu schonen.
- Mit Hilfe von Röntgentechnik kann das Innere von Pflanzen untersucht werden, ohne dass dabei die Pflanze zerstört werden muss.
- Selbst die »klassischen« wissenschaftlichen Zeichnungen sind in manchen Bereichen noch die Methode der Wahl. Durch die selektive Darstellung können Merkmale der Artabgrenzung besonders präzise und instruktiv wiedergegeben werden.

Wissenschaftliche Bedeutung gewinnen die Fotografien, wenn die dargestellte Art verlässlich bestimmt und der Standort der Pflanze sowie das Datum der Fotografie genau dokumentiert wurden, was mit den heutigen Kameras mit eingebautem GPS mühelos möglich ist. Unter diesen Voraussetzungen kann das Foto sehr hilfreich bei der Identifikation von Arten sein, zudem ist es der Träger von Informationen zu Verbreitung und Phänologie.

Besonders nützlich sind solche Pflanzenfotografien in Regionen, in denen noch wenig über die Flora bekannt ist und die Bestimmung der Arten schwierig und zeitaufwendig ist. Allerdings sind Fotografien für den Bestimmungsprozess in verschiedenen Verwandtschaftskreisen unterschiedlich hilfreich. In Gruppen wie den Süß- (Poaceae) oder Sauergräsern (Cyperaceae), mit sehr kleinen, schwer erkennbaren bestimmungsrelevanten Merkmalen, helfen sie wenig, in anderen Familien lassen sich die Arten dagegen recht mühelos bestimmen.

Ein Beispiel für die wissenschaftliche Nutzung von Fotos ist unsere Fotodatenbank und Bestimmungshilfe »African Plants«. Die Datenbank hat ein breites Spektrum von Nutzern, das von Wissenschaftlern aus dem Bereich der Biodiversitätsforschung über Ökologen und Naturschützer bis hin zu naturinteressierten Touristen reicht. Wesentliche Beiträge zur Datenbank stammen von Bürgerwissenschaftlern (*Citizen Scientists*), also Experten für die Pflanzenwelt, die sich damit aber nicht zum Broterwerb befassen – etwa von Robert von Blittersdorf, der jahrzehntelang in der Entwicklungshilfe in Ostafrika tätig war und inzwischen leider verstorben ist. Der Besuch des Internet-Portals, das derzeit mehr als 55 000 überprüfte Fotos von mehr als 6 000 afrikanischen Pflanzenarten bietet (mehr als 10 Prozent der Flora des gesamten Kontinents) und im Jahr rund 40 000 Mal aufgerufen wird, lohnt sich. Am besten abgedeckt ist die Flora bisher für den Savannenbereich in Westafrika.

Es muss nicht immer das Objekt selbst sein

Haltbar gemachte, in wissenschaftlichen Sammlungen aufbewahrte Pflanzen und Tiere sind die Grundlage von Taxonomie und Systematik, also der wissenschaftlichen Charakterisierung und Benennung von Organismen. Auf sie gründen sich Biodiversitätsforschung und Kommunikation über Organismen. Die dauerhafte Aufbewahrung von Objekten ist unverzichtbar, um jederzeit erneute Untersuchungen an den Objekten durchführen zu können. Exemplare, auf die sich die erste Beschreibung einer Art oder einer anderen systematischen Kategorie gründet, werden als »Typus« bezeichnet. Die wissenschaftlichen Sammlungen auf der ganzen



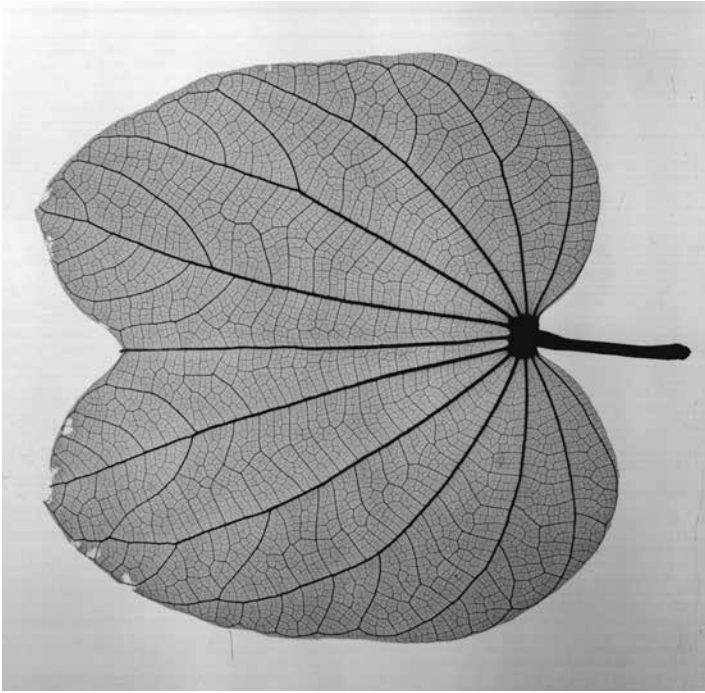
5 Hochauflösender Scan des Neotypus von »Potentilla incana«. Einen Eindruck von den Vergrößerungsmöglichkeiten der online verfügbaren Scans kann man sich in der Senckenbergischen Sammlungsdatenbank »Aquila« verschaffen.

Welt sind miteinander vernetzt, um ihre Objekte leichter für die Forschung zugänglich zu machen. Dies geschah über Jahrhunderte ausschließlich über die Ausleihe von Objekten für wissenschaftliche Untersuchungen oder durch Reisen der Wissenschaftler zu den wichtigen Sammlungen, um die relevanten Objekte vor Ort zu untersuchen. Die unersetzlichen Objekte leiden jedoch durch den Versand, und der Zeit- bzw. Kostenaufwand für die Reisen ist beträchtlich.

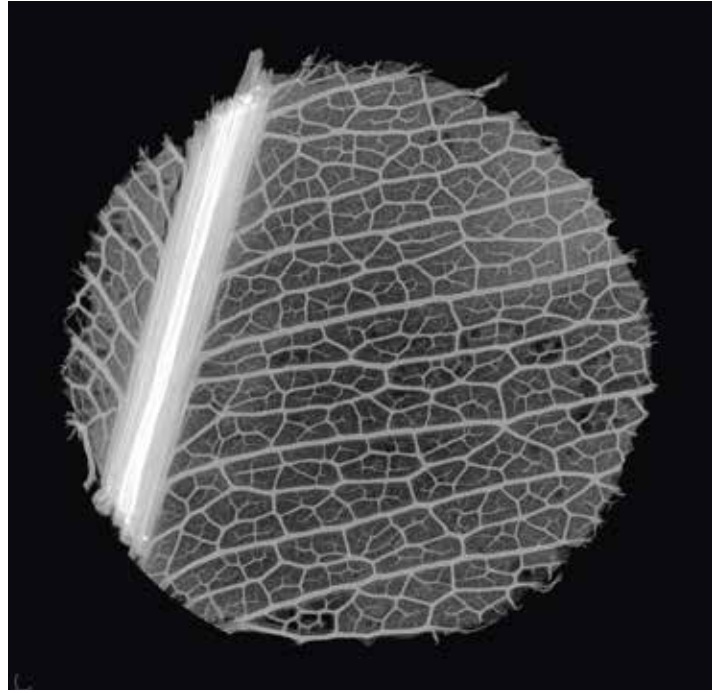
Schon im Zeitalter der analogen Fotografie hat man Objekte aus Pflanzensammlungen (sog. Herbarbelege) fotografiert. Die Herbarbelege sind durch die Pressung für eine fotografische Dokumentation besonders gut geeignet, den-

noch hat die herkömmliche Fotografie nur in wenigen Fällen bei der Beantwortung wissenschaftlicher Fragestellungen helfen können. Seit einigen Jahren steht aber eine verbesserte Technik zur Erstellung digitaler Abbildungen zur Verfügung (hochauflösende Scans). Sie ermöglicht es, Bilder zu erzeugen, die im Internet zugänglich gemacht werden können und deren Informationsgehalt starke Vergrößerungen erlaubt. (Abb. 5)

Für große wissenschaftliche Sammlungen gehört die grundsätzliche Bereitstellung von Objekten (bzw. deren Scans) als wissenschaftlicher Service zu den essenziellen Aufgaben. Dies unterscheidet den gesellschaftlichen Auf-



6



7

6 Röntgenbild eines Blattes von »Piliostigma thonningii« (Fabaceae) von einem Herbarbeleg (Auflösung: 25µm). Der Nervenverlauf ist sehr gut zu erkennen und kann anhand dieser Abbildung analysiert werden. Bei bestimmten Nervaturtypen reicht die Auflösung der Methode bisher jedoch nicht aus, um die feinsten Nerven abzubilden.

7 Micro-CT-Bild von »Lophira lanceolata« (Ochnaceae) (Auflösung: 6,25µm). Diese Methode bildet feinste Nervenverästelungen sehr gut ab, allerdings muss dazu Pflanzenmaterial vom Beleg entnommen werden. Man ist also auf eine »zerstörerische Probenahme« (destructive sampling) angewiesen, die man zu vermeiden sucht.

trag dieser Institutionen von dem einer Universität und den dort üblicherweise zu findenden Sammlungen. Darüber hinaus ist es für die wissenschaftliche Entwicklung solcher Sammlungen wichtig und vorteilhaft, wenn möglichst viele Spezialisten aus aller Welt daran arbeiten und durch die Annotierung der Objekte neueste Erkenntnisse einfließen. Mit den neuen digitalen Scans lassen sich die Zugänglichkeit und dadurch auch der Bearbeitungsstand des Materials erheblich verbessern. Bei Pflanzensammlungen sind die anzuwendende Methodik und die Arbeitsschritte bestens etabliert, so dass viele Herbarien von Weltgeltung ihre Sammlungen bereits digitalisiert haben oder gerade dabei sind.

Dies sind Projekte mit Millionenetats (zum Beispiel das Scannen und Eingeben der Objektdaten von mehr als sechs Millionen Belegen allein im Naturkundemuseum in Paris), sie stellen aber einen Quantensprung für die Biodiversitätsforschung und auch für die Sammlungen und ihre Bedeutung in der Scientific Community dar. Wie sieht die Zukunft der Objekte vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen aus? Sehr gut! Sie sind nach wie vor unverzichtbar für manche Fragestellungen, in vielen Fällen reicht aber inzwischen auch der »wissenschaftliche Gehalt« der digitalen Bilder – ein Zeit- und Ressourcengewinn für die Forschung und vor allem eine Schonung der unersetzlichen Objekte.

Wissenschaftliche Zeichnungen – immer noch aktuell

Lange Zeit war die wissenschaftliche Zeichnung die überwiegend verwendete Methode zur

Dokumentation von Pflanzen und deren äußeren Merkmalen in wissenschaftlichen Druckschriften. Die fotografische Dokumentation hat inzwischen viel größere Bedeutung gewonnen, dennoch sind in manchen Bereichen die »klassischen« wissenschaftlichen Zeichnungen nach wie vor die Methode der Wahl. Dies mag zunächst erstaunen, stellt die Zeichnung doch ein besonders subjektives Bild des Objektes und seiner Merkmale dar, das stark durch die Wahrnehmung des Zeichners und seine Fähigkeiten geprägt ist. Besonders häufig finden sich wissenschaftliche Zeichnungen in taxonomischen Bearbeitungen von Organismengruppen, die sich mit der Charakterisierung und Abgrenzung von Arten und anderen Gruppen befassen. Mit der Zeichnung können die wichtigen Merkmale maßstabsgetreu wiedergegeben und komplexe Strukturen klarer als beim Foto herausgearbeitet werden. Es handelt sich also in der Regel durch die selektive Darstellung um ein stark bearbeitetes Bild. Dies ist dann von Vorteil, wenn zum Beispiel Merkmale der Artabgrenzung untersucht und definiert und in einer Zeichnung besonders präzise dargestellt und hervorgehoben werden sollen. (Abb.1) In der Regel arbeiten wissenschaftliche Zeichner und Wissenschaftler bei der Erstellung der Zeichnungen eng zusammen, wenn es nicht sogar ein und dieselbe Person ist.

Warum Pflanzen röntgen?

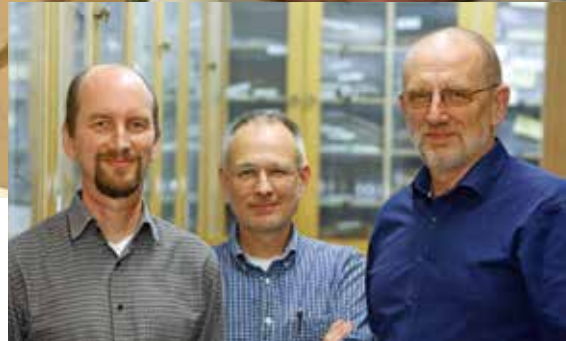
Nicht nur die äußere Gestalt, sondern auch viele »innere« Merkmale sind für das Verständnis von Artabgrenzungen, ökologischer Funktion und Stammesgeschichte wichtig. Diese Merkmale sind mit einfachen Methoden der



8 Die Malerin Elisabeth Schultz (1817 – 1898) dokumentierte mit rund 1300 detailgenauen Gouachen die Frankfurter Flora im 19. Jahrhundert (hier »Iris pseudacorus«). Einige dieser Bilder belegen das frühere Vorkommen von Arten in Frankfurt, die heute hier erloschen sind.

Abbildung nicht zugänglich. Die Blattanatomie wird zum Beispiel an dünnen Schnitten durch das Blatt im Licht- oder Elektronenmikroskop untersucht und abgebildet. Für Systematik, Evolutionsforschung und Ökologie ist das Netzwerk der Gefäße in einem Blatt von besonderer Bedeutung. Es ist spezifisch für die Art, häufig auch für Artengruppen und zeigt bei den Pflanzen eines Lebensraumes Häufungen bestimmter Merkmale.

Um die Blattnervatur für wissenschaftliche Zwecke zu vermessen, war man bisher darauf angewiesen, die Blätter chemisch zu behandeln, um das Nerven-Netzwerk hervorzuheben (die quantitative Auswertung erfolgt stets an einem Abbild der Nervatur). Damit war das Blatt aber für andere Untersuchungen nicht mehr nutzbar. Mit der speziellen Anpassung der in der Abteilung Messelforschung bei Senckenberg eingesetzten Röntgentechnologie zur Untersuchung von Fossilien kann nun an Herbarbelegen ohne Zerstörung des Materials die Blattnervatur mit sehr guter Auflösung abgebildet werden. Diese Röntgenbilder dienen dann der Analyse des Nervaturmusters und sind Grundlage für die Bestimmung der Nervenlängen und -dichten. Entscheidende Vorteile dieser Methode sind auch der vergleichsweise geringe Zeitaufwand und die niedrigen Kosten. So wurden im Laufe der vergangenen zwei Jahre mehr als 3 500 Nervaturbilder erstellt, die jetzt in dem internationalen Portal zu Blattnervaturen (Cleared Leaf Image Database, www.clearedleavesdb.org) allgemein verfügbar sind und dazu dienen, die Evolution der Muster und ihre Abhängigkeit von Umweltparametern zu erforschen. ●



Die Autoren

Prof. Dr. Georg Zizka (r.), 62, hat schon seine Doktorarbeit über die Systematik der afrikanischen Gräsergruppe Melinideae verfasst. 1987 bis 1995 war er Kustos für tropische Pflanzensammlungen am Palmengarten, 1994 Habilitation im Fach Botanik. Seit 1995 ist Zizka Professor für Diversität und Evolution der Höheren Pflanzen am Institut Ökologie, Evolution und Diversität des FB Biowissenschaften der Goethe-Universität und zugleich Leiter der Abteilung Botanik und molekulare Evolutionsforschung des Forschungsinstitutes Senckenberg Frankfurt.

gzizka@senckenberg.de

Dr. Stefan Dressler (M.), 53, ist seit 1997 Kurator am Herbarium Senckenbergianum Frankfurt/M. Zu seinen Aufgaben gehören neben der wissenschaftlichen Betreuung der Samenpflanzen des Herbars auch deren digitale Bereitstellung und damit die Betreuung verschiedener Datenbanken.

stefan.dressler@senckenberg.de

Dr. Julio Schneider (l.), 50, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Botanik und Molekulare Evolutionsforschung am Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum Frankfurt. In seinen Forschungsarbeiten beschäftigt er sich insbesondere mit der Systematik und Evolution tropischer Blütenpflanzen.

julio.schneider@senckenberg.de



OHNE COMPUTER
KEIN BILD

Was Teilchenspuren über die ersten Sekunden nach dem Urknall verraten

Die Detektoren am CERN erobern technisches und physikalisches Neuland

von Anne Hardy

Wie vielfarbige Explosionen sehen die Bilder von Teilchenspuren aus modernen Detektoren aus. Die komplexe Physik dahinter erschließt sich durch aufwendige statistische Analysen, die in schlichten Diagrammen veranschaulicht werden. Am ALICE-Experiment sind daran rund 1 400 Forscher beteiligt.

Die »Kamera« des ALICE-Experiments am Teilchenbeschleuniger LHC des Europäischen Kernforschungszentrums CERN sieht aus wie eine riesige Trommel. Es handelt sich um einen Detektor, dessen Kernstück fünf Meter lang und fünf Meter im Durchmesser ist. Seine Aufgabe ist es, Teilchenspuren zu »fotografieren«. Im Experiment prallen Blei-Atomkerne mit nahezu Lichtgeschwindigkeit aufeinander (ALICE steht für »A Large Ion Collider Experiment«, weil hier nicht Protonen zusammenprallen, wie in den anderen drei Experimenten, sondern schwere Ionen). Dabei entstehen Teilchen, die in der Natur nicht vorkommen. Aber kurz nach dem Urknall hat es sie vermutlich gegeben. Diese exotischen Teilchen und Zustände der Materie sind so kurzlebig, dass man sie auch im Detektor nicht direkt messen kann. Sie zerfallen zu langlebigeren Elementarteilchen, die dann Spuren hinterlassen und die Signatur ihrer Herkunft tragen.

Schon im 19. Jahrhundert hat man die ersten Spuren von Elementarteilchen in Nebelkammern aufgezeichnet. In diesen mit Wasserdampf gefüllten Kammern ionisieren die energiereichen Teilchen im Vorbeifliegen Wassertröpfchen. Diese Spuren hat man fotografisch festgehalten und ausgewertet. Auch im Büro von Prof. Harald Appelhäuser am Institut für Kernphysik hängen solche historischen Schwarz-Weiß-Aufnahmen. »Bis in die 1970er und 1980er Jahre hat man Teilchenspuren unter verschiedenen Winkeln fotografiert und sie dann

zu dreidimensionalen Bildern zusammengesetzt«, erklärt der Sprecher der ALICE-Kollaboration. Zu dieser Zeit arbeitete man schon mit gasgefüllten Detektoren. »Bei der fotografischen Aufzeichnung der Ionisationsspuren war die Ausbeute an Ereignissen vergleichsweise gering. Ein wirklicher Durchbruch kam mit der elektronischen Auslese der Daten«, so Appelhäuser.

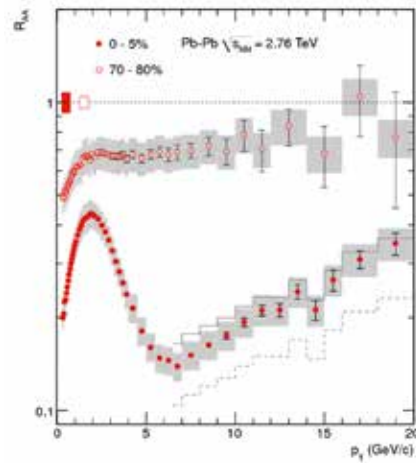
Wie ein moderner Detektor funktioniert, erklärt der Frankfurter Physiker am Beispiel der anfangs erwähnten überdimensionalen Trommel – der »Time Projection Chamber«, kurz TPC. Auf einem Blatt zeichnet er die Teilchen-

1 Die Time Projection Chamber des ALICE-Experiments wird in den Tunnel hinabgelassen. Das war 2007. Jetzt wird der riesige Detektor durch einen noch leistungsfähigeren ersetzt.

2 Ein Teil der insgesamt 1 400 Personen, die am ALICE-Experiment beteiligt sind.



3 Dieses Diagramm hängt am Whiteboard von Harald Appelshäusers Büro. Für ihn ist es ein wichtiges Bild, weil es erste Hinweise auf die Existenz des Quark-Gluon-Plasmas enthält – einem Zustand, wie er kurz nach dem Urknall herrschte.



spur in ein Koordinatensystem, das mitten im Detektor liegt. (Abb. 4) Dort, wo bei einer Trommel das Fell wäre, befindet sich eine riesige Kamera mit rund 500 000 Pixeln, die etwa tausend Mal pro Sekunde eine Sequenz von tausend Bildern aufzeichnet. Das ergibt eine unvorstellbar große Zahl von 1 Million Bildern pro Sekunde. Durch das Zusammensetzen dieser Bilder und die Messung der Zeit, die ein Teilchen braucht, bis es im Detektor registriert wird, können die Physiker die Flugbahn aller Teilchen aus der Kollision in 3-D rekonstruieren.

Erste Hinweise auf das Quark-Gluon-Plasma

Wenn Appelshäuser auf so ein Bild schaut, das für den Laien wie eine vielfarbige Explosion aussieht, kann er einige Zerfallsprozesse deutlich erkennen. Doch erst nach einer ausführlichen statistischen Analyse der Daten und dem Vergleich mit Modellrechnungen können komplexere physikalische Zusammenhänge erkannt werden. Rund 1 400 Personen sind daran beteiligt, die Funktion der TPC zu ermöglichen und die riesige Datenmenge auszuwerten. (Abb. 2) Wie bei einer Destillation, bei der aus Massen von Blüten wenige Tropfen ätherisches Öl gewonnen werden, steht am Schluss der Datenanalyse ein Satz kalibrierter Daten, der von einem Team

von etwa 10 bis 15 Personen interpretiert und zur Publikation vorbereitet wird.

In der Publikation werden die physikalischen Erkenntnisse ebenfalls bildlich dargestellt, jetzt durch Kurven in einem Koordinatensystem. In Appelshäusers Büro hängt neben den historischen Bildern aus der Blaskammer eine solche Kurve. (Abb. 3) Für den Physiker ist es ein wichtiges Bild, weil daran zum ersten Mal etwas von der Physik sichtbar wurde, um die es im Kern bei ALICE geht: das Quark-Gluon-Plasma. Das ist der Zustand der Materie kurz nach dem Urknall, als die absolut kleinsten Bausteine der Materie, die Quarks, und ihre »Klebetilchen«, die Gluonen, in einer Art Ursuppe waren. Erst später bildeten sich daraus Protonen, Neutronen, Atome, Moleküle und komplexe Materie.

»Im 20. Jahrhundert haben wir die Struktur der Materie verstanden. Wir haben die Teilchen und Kräfte im Standardmodell der Materie beschrieben und alle Teilchen gefunden, die in diesem Modell vorhergesagt wurden. Im 21. Jahrhundert geht es darum, wie sich aus den elementaren Bausteinen komplexe Materie bildet und welches ihre Eigenschaften sind«, erklärt Appelshäuser.

Um ein Quark-Gluon-Plasma auch nur für die extrem kurze Zeit von 10^{-23} Sekunden erzeugen zu können, reicht es nicht, Protonen kollidieren zu lassen, wie bei den anderen Experimenten am LHC. Man braucht vielmehr Bleikerne, die schwersten stabilen Atomkerne des Periodensystems. Doch wie kann man wissen, ob tatsächlich ein Quark-Gluon-Plasma entstanden ist? Das zeigt die Kurve, die Appelshäuser aufgehängt hat. Sie vergleicht grob gesagt die Beweglichkeit von Teilchen aus einer Proton-Proton-Kollision mit derjenigen von Teilchen, die beim Zusammenstoß von zwei Bleikernen entstehen. Wenn ein Quark-Gluon-Plasma vorliegt, ist die Materie extrem dicht, so dass es für Teilchen schwierig wird, durch diesen Bereich hindurch zum Detektor zu gelangen. Tatsächlich zeigt die Kurve, dass die in einer Kollision von

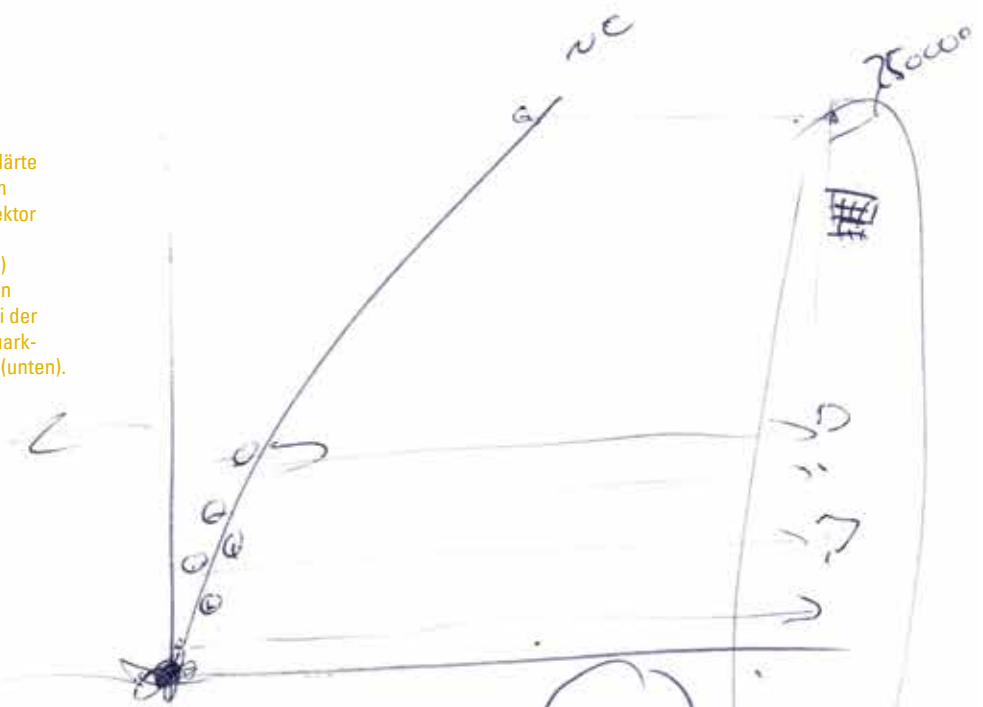


ZUR PERSON

Prof. Harald Appelshäuser, Jahrgang 1966, studierte Physik an der Goethe-Universität und promovierte dort 1997. Anschließend ging er als Postdoktorand an die Universität Heidelberg, wo er sich 2003 habilitierte. 2004 nahm er eine Professur am Institut für Kernphysik der Goethe-Universität an. Er ist Sprecher der Helmholtz-Graduiertenschulen »Quark Matter Studies in Heavy-Ion Collisions (H-QM)« und »Hadron and Ion Research (HGS-HIRe)«. Seit 2011 ist er Projektleiter der »Time Projection Chamber«, dem Detektor der ALICE-Kollaboration.

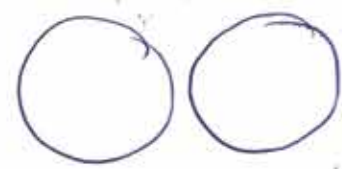
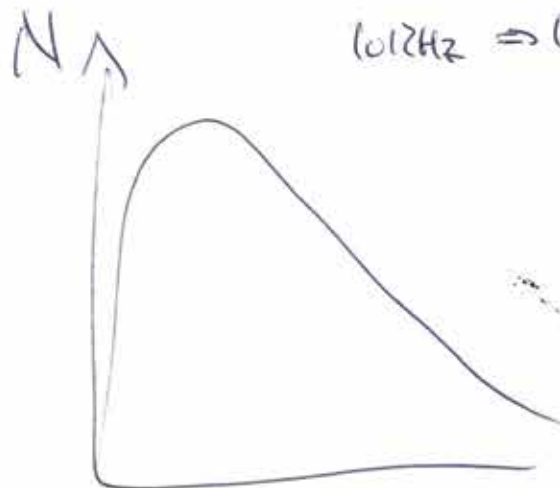
250000

4 Mit dieser Skizze erklärte Harald Appelhäuser im Gespräch, wie der Detektor des ALICE-Experiments funktioniert (oberer Teil) und welche Messkurven man erwartet, wenn bei der Teilchenkollision ein Quark-Gluon-Plasma entsteht (unten).

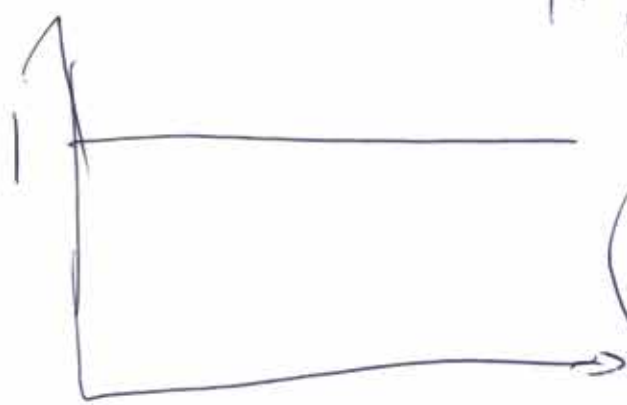


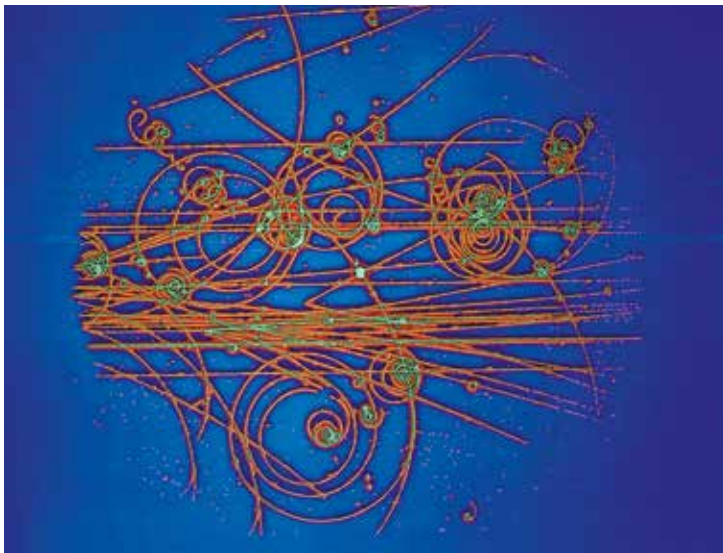
loops

1012Hz \Rightarrow 1000 7-Pel



$R \propto \frac{Pb-Pb}{N}$





5 Historisches Bild von Teilchenspuren in einer Blasenkammer. Wenn Teilchen die mit flüssigem Wasserstoff gefüllte Kammer durchqueren, bilden sich kleine Blasen entlang ihrer Spur.

Bleikernen produzierten Teilchen deutlich von der Materie abgebremst oder sogar absorbiert werden. Obwohl das Quark-Gluon-Plasma auf ein winziges Areal mit einem Durchmesser von 10^{-15} Metern begrenzt ist, kann man daran wichtige Eigenschaften wie Transportkoeffizienten oder die Viskosität ermitteln.

Neuer Detektor macht Sprung vom Bild zum Film

Mit dem nächsten, leistungsfähigeren Detektor, der zurzeit im Bau ist, wird das noch besser gehen. 2019 bis 2020 wird der LHC-Beschleuniger zwei Jahre lang aufgerüstet, so dass er eine noch höhere Strahlintensität erreicht. In dieser Zeit werden auch die verbesserten Detektoren in den vier Experimenten eingebaut. Am Bau des neuen Detektors für ALICE sind 45 Institute weltweit beteiligt, darunter Forscher in den USA, Japan und Skandinavien. »Die Einzelteile nach und nach zusammenzufügen und zu testen, ist ein riesiger logistischer Aufwand«, berichtet Appelshäuser. Als Sprecher des Projekts hat er wöchentlich mehrere virtuelle Besprechungen über das Internet, muss aber auch viel reisen.

Im Gegensatz zum bestehenden Detektor, der nur etwa 1000 Mal pro Sekunde eine Bildersequenz aufzeichnen kann, wird die neue TPC kontinuierlich Teilchenspuren registrieren. »Das ist ein Quantensprung in der Technologie, den man mit dem Übergang von der Fotografie zum Film vergleichen kann«, so Appelshäuser. Weil dabei noch mehr Daten entstehen werden als bisher – 3,5 Terabyte pro Sekunde –, müssen auch die Methoden zur Datenreduktion verfeinert werden.

»Man braucht viel Erfahrung, um Bilder und Diagramme in der Teilchen-Physik richtig beurteilen zu können«, sagt der Physiker. Weil

man sich mit den Messungen in Neuland vorwagt, sind unbeabsichtigte Fehler nicht auszuschließen. Er geht jedoch davon aus, dass diese »asymptotisch verschwinden«, je besser man eine neue Technik beherrscht und die Physik versteht. »Man ist nie frei von Erwartungen. Wenn ein Ergebnis genau meine Erwartungen trifft, besteht die Gefahr, dass ich es weniger kritisch hinterfrage, als wenn die Messung etwas Unerwartetes zeigt«, weiß Appelshäuser.

Gerade weil die Experimente am CERN in physikalisches Neuland führen und auch an anderen Teilchenbeschleunigern nicht auf dieselbe Weise wiederholt werden können, ist es Appelshäuser und seinen Kollegen ungeheuer wichtig, Fehler zu vermeiden und Messfehler so gering wie möglich zu halten. Deshalb werden dieselben Datensätze üblicherweise von mehreren Physikern unabhängig analysiert. »Unsere Daten sind der Prüfstein für die verschiedenen Szenarien der Theoretiker«, sagt er. Das klingt nach Verantwortungsgefühl und nach dem aufrichtigen Wunsch zu erfahren, was die Welt im Innersten zusammenhält. ●



Die Autorin

Dr. Anne Hardy, Jahrgang 1965, studierte Physik an der RWTH Aachen und promovierte in Wissenschaftsgeschichte an der TU Darmstadt. Sie ist Redakteurin von Forschung Frankfurt.

hardy@pvw.uni-frankfurt.de



Abermillionen Rechenschritte für einen Blick in den Körper

In der medizinischen Bildgebung geht nichts ohne Mathematik

von Bastian von Harrach

Gleichungen mit mehreren Unbekannten zu lösen, üben Schüler schon in der Mittelstufe. Für die einen ist es eine spannende mathematische Knochelei, für die anderen eher Quälerei. Doch den wenigsten ist bewusst, wie viele Leben dadurch jeden Tag gerettet werden. Die moderne medizinische Bildgebung beruht darauf, sehr viele Gleichungen nach sehr vielen Unbekannten aufzulösen.

Aus vielen Richtungen wird der Patient in einem Computertomographen geröntgt. Jeder Röntgenstrahl durchquert den Körper und wird dabei abgeschwächt. Wie viel Intensität des Strahls am Ende noch am Detektor ankommt, hängt davon ab, welches Gewebe durchleuchtet wurde. So ergibt sich aus jedem Strahl eine Information über das durchquerte Gewebe und damit eine mathematische Gleichung für eine große Anzahl von unbekanntem Variablen, die beschreiben, wie der Körper im Inneren aussieht. Um aus den Absorptionmessungen vieler Röntgenstrahlen ein Bild des Körperinneren zu rekonstruieren, müssen diese Gleichungen nach den Unbekannten aufgelöst werden. Jedes Pixel des rekonstruierten Bilds entspricht einer Unbekannten, und so müssen Millionen von

Literatur

Gebauer, B., & Scherzer, O. (2008), Impedance-acoustic tomography, *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 69(2), 565–576.

Harrach, B. (2009), On uniqueness in diffuse optical tomography, *Inverse problems*, 25(5), 055010.

Harrach, B., & Ullrich, M. (2015), Resolution guarantees in electrical impedance tomography, *IEEE transactions on medical imaging*, 34(7), 1513–1521.

Hochbruck, M., & Sautter, J.M. (2002), Mathematik fürs Leben am Beispiel der Computertomographie, *Mathematische Semesterberichte*, 49(1), 95–113.

Holder, D. S. (Ed.) (2004), *Electrical impedance tomography: methods, history and applications*, CRC Press.

Mueller, J. L., & Siltanen, S. (Eds.) (2012), *Linear and nonlinear inverse problems with practical applications*, Society for Industrial and Applied Mathematics.

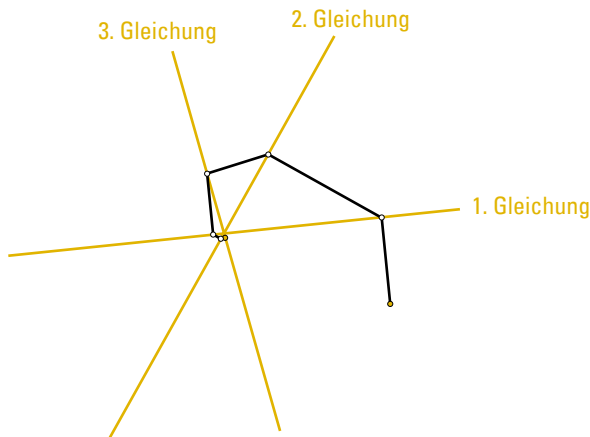
Unbekannten aus Millionen von Gleichungen bestimmt werden – für ein einziges Bild des Patienten. Das ursprüngliche Prinzip der Tomographie (griechisch: tome: »Schnitt« und graphein: »zeichnen«) bestand darin, Bilder einzelner zweidimensionaler Schichten aufzunehmen. Heute wird der Begriff aber auch für dreidimensionale bildgebende Verfahren verwendet.

Computertomographie und große Gleichungssysteme

Millionen Gleichungen kann ein Mensch nicht mehr per Hand lösen. Die moderne Mathematik entwickelt unter dem Namen Numerische Mathematik daher nicht mehr Lösungsverfahren für Menschen, sondern für Computer. Doch selbst die schnellsten Computer kommen bei so vielen Gleichungen und Unbekannten an ihre Grenzen. Direkte Lösungsverfahren benötigen grob abgeschätzt so viele Rechenschritte, wie die Anzahl der Unbekannten hoch drei beträgt. Bei jeweils einer Million Unbekannten und Gleichungen wären dies 1 000 000 mal 1 000 000 mal 1 000 000 Rechenschritte. Ein Computer, der eine Milliarde Rechenschritte pro Sekunde schafft, würde dafür immer noch eine Milliarde Sekunden, also über 30 Jahre, benötigen. Ein Petaflops-Supercomputer, der eine Billion Rechenschritte pro Sekunde schafft, bräuchte noch über 15 Minuten – und das alles für ein einziges zweidimensionales Schnittbild eines einzigen Patienten.

Iterative Lösungsverfahren

Eine enorme Beschleunigung erreicht man durch sogenannte iterative Verfahren. Dabei wird nicht versucht, direkt die exakte Lösung des Gleichungssystems zu bestimmen, sondern ausgehend von einer genäherten Lösung tastet man sich in jedem Schritt näher an die exakte Lösung heran. Ein lösbares Gleichungssystem mit drei linearen Gleichungen für zwei Unbe-



J. Radon

kannte kann man sich so veranschaulichen, dass der Schnittpunkt dreier Geraden in einem zweidimensionalen Raum gesucht wird. Ein nach dem polnischen Mathematiker Stefan Kaczmarz benanntes iteratives Lösungsverfahren startet mit der Projektion eines Punkts auf die erste Gerade, bewegt sich von dort senkrecht zur zweiten Geraden, dann senkrecht zur dritten Geraden, wieder senkrecht zur ersten Geraden und wiederholt dieses Vorgehen immer wieder.

Millionen lineare Gleichungen für Millionen Unbekannte stellt sich der Mathematiker als einen Millionen-dimensionalen Raum vor, in dem sich Hyperebenen der Kodimension Eins schneiden. Der Schnittpunkt all dieser Hyperebenen ist das gesuchte Bild des Patienten. Mit dem Kaczmarz-Verfahren lassen sich auch solche Probleme effizient lösen, und zwar auch dann, wenn durch Mess- und Modellierungsfehler kein exakter Schnittpunkt existiert. Unter dem Namen Algebraic Reconstruction Technique ermöglichte dieses mathematische Verfahren die Entwicklung der Computertomographie. Dafür erhielten der Elektrotechniker Godfrey N. Hounsfield und der Physiker Allan M. Cormack 1979 den Nobelpreis für Medizin. Neben iterativen Verfahren werden heute auch die noch schnelleren direkten gefilterten Rückprojektionsmethoden eingesetzt, die auf den Arbeiten des österreichischen Mathematikers Johann Radon basieren.

Nicht-lineare Probleme und neuartige Tomographieverfahren

Alle im klinischen Alltag verwendeten bildgebenden Verfahren – Computertomographie, Kernspintomographie (MRT) und Positronen-Emissions-Tomographie – beruhen auf mathe-

matischen inversen Problemen, also der Lösung großer Gleichungssysteme mit vielen Unbekannten. Bei vielen in der Forschung befindlichen neuartigen Verfahren sind diese Gleichungssysteme jedoch nicht mehr linear wie im Fall der Computertomographie. Das bedeutet, dass die Gleichungen nicht mehr Geraden oder Hyperebenen entsprechen, sondern kompliziertere Formen annehmen.

Ein Beispiel ist die elektrische Impedanztomographie, die statt Röntgenstrahlen schwache, für den Menschen unschädliche elektrische Ströme verwendet. Die Informationen über das Körperinnere ergeben sich aus der unterschiedlichen elektrischen Leitfähigkeit der Gewebe und lassen sich mathematisch berechnen. Anders als Röntgenstrahlen fließen elektrische Ströme jedoch nicht auf geraden Linien durch den Körper, sondern ihr Weg hängt von der unbekannt inneren Leitfähigkeitsverteilung ab. Mathematisch führt die Impedanztomographie deshalb auf nicht-lineare Koeffizientenprobleme in partiellen Differentialgleichungen. Um deren stabile Lösung bemüht sich die aktuelle Forschung intensiv. Die ersten kommerziellen Serienmodelle ermöglichen die intensivmedizinische Überwachung der Lungenfunktion künstlich beatmeter Patienten.

Hybride Tomographie – hoher Kontrast und hohe Auflösung

Röntgenstrahlen, Magnetfelder, Ultraschall, elektrischer Strom und sogar Infrarotstrahlung – die moderne Forschung kennt viele Möglichkeiten, den Menschen tomographisch zu durchleuchten. Ein aktueller Ansatz besteht auch darin, Techniken schon im Messprozess zu kombinieren. So besitzen Tumorzellen in Brustgewebe eine deutlich höhere elektrische Leitfähigkeit als das umliegende Gewebe. Mit elektrischen Strömen oder Mikrowellen lassen sie sich mit hohem Kontrast erkennen, aber die Auflösung ist noch zu gering. Werden die Ströme oder Mikrowellen jedoch zur Aufheizung des Tumorgewebes verwendet, so kann durch thermische Expansionseffekte eine Ultraschallwelle im Gewebe erzeugt werden. Aus der Messung des Ultraschallsignals lässt sich dann mathematisch leichter ein hochaufgelöstes Bild berechnen.

Zeigt das Bild die Realität?

Bilder vermitteln Objektivität. Aber zeigen die vom Computer berechneten Bilder wirklich die Realität? In der medizinischen Bildgebung hängen an dieser Frage Menschenleben. Auf der mathematischen Ebene lässt sich diese Frage in mehreren Stufen beantworten. Zuerst muss sichergestellt sein, dass die erfolgten Messungen überhaupt die gewünschte Bildinformation enthalten. Dies führt auf fundamentale theoretische

Identifizierbarkeits- und Eindeutigkeitsfragen. Eine Konvergenz- und Stabilitätsanalyse untersucht, wie stark sich Messfehler auf das rekonstruierte Bild auswirken. Die Ergebnisse sind oft zunächst idealisierter Natur und zeigen, ob man sich der Realität beliebig gut annähern kann, wenn man nur genug Messungen mit ausreichender Genauigkeit durchführt. Noch anwendungsrelevanter ist daher die Frage nach Auflösungsgarantien: Lässt sich mit dem Messverfahren mit gegebener Genauigkeit und Modellunsicherheiten garantieren, dass im Körper Anomalien ab einer gewissen Größe und ab einem ausreichenden Kontrast gefunden werden? Für den Patienten kann die Sicherheit nie hoch genug sein. Das erreicht man nur durch modernste Technik und modernste Mathematik. ●



Der Autor

Prof. Dr. Bastian von Harrach, Jahrgang 1977, studierte Mathematik mit Nebenfach Physik an der Universität Mainz. Nach seiner Promotion 2006 in Mainz war er an der Universität Mainz und am Johann Radon-Institut der Österreichischen Akademie der Wissenschaften tätig. Nach Professuren an der Technischen Universität München, der Universität Würzburg und der Universität Stuttgart folgte er im Oktober 2015 dem Ruf auf eine W3-Professur für Numerik partieller Differentialgleichungen an die Goethe-Universität. Sein Forschungsschwerpunkt sind mathematische inverse Koeffizientenprobleme in partiellen Differentialgleichungen, die bei neuartigen Tomographieverfahren wie der elektrischen Impedanztomographie, der diffusiven optischen Tomographie und bei hybriden Verfahren auftreten. Seine Arbeitsgruppe behandelt theoretische Identifizierbarkeitsfragen und untersucht, welche Informationen sich aus den Messungen berechnen lassen. Ebenso entwickelt sie praktische Rekonstruktionsalgorithmen mit mathematisch rigoros abgesicherten Konvergenzeigenschaften und Auflösungsgarantien.

harrach@math.uni-frankfurt.de

<http://numerical.solutions>

Vom Massenspektrum zum humanen Interaktom

Bioinformatische Algorithmen visualisieren
komplexe zelluläre Kommunikationsnetzwerke

von Christian Münch

Nach der Entschlüsselung des menschlichen Genoms, die 2003 als abgeschlossen galt, ist die Aufgabe des 21. Jahrhunderts, das Proteom – die Gesamtheit aller Proteine einer Zelle – und dessen Interaktionen zu verstehen. Vor einigen Jahren wäre diese Sisyphusarbeit noch nicht möglich gewesen.

Jede menschliche Zelle enthält die genetische Information für über 20000 Proteine. Sie kreieren Zellen von erstaunlicher Vielfalt wie Muskel-, Nerven- oder Blutzellen. Die hoch spezialisierten Funktionen jedes Zelltyps werden ermöglicht durch ein charakteristisches Gemisch von Tausenden verschiedenen Proteinen, das so individuell und einzigartig ist wie ein Fingerabdruck.

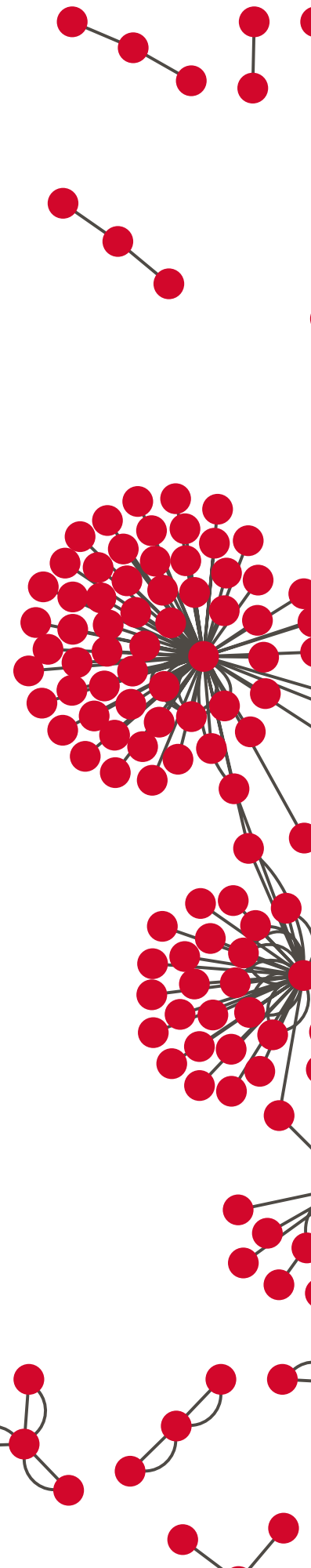
Winzige Veränderungen einzelner Proteine können genügen, um die gesamte Zelle zu beschädigen und schwerwiegende Krankheiten hervorzurufen. Ein Beispiel ist die Sichelzellanämie. Sie wird durch die Veränderung einer einzigen Aminosäure des Proteins Hämoglobin ausgelöst. Auch Krankheiten wie Alzheimer, Parkinson oder Krebs werden meist durch fehlerhaft oder nicht funktionierende Proteine ausgelöst. Aber selbst wenn einzelne Proteine für zelluläre Defekte verantwortlich gemacht werden können, sind üblicherweise die Mechanismen unklar, die zu veränderten Funktionen führen. Um das zu verstehen, muss man Veränderungen in der Zusammensetzung der Proteine, ihrer Mengenverhältnisse und im Zusammenspiel bei zellulären Abläufen untersuchen.

Noch vor wenigen Jahren war dies in den meisten Fällen unmöglich oder eine extreme Sisyphusarbeit. Erst die moderne Proteomanalyse mithilfe der quantitativen Massenspektrometrie gewährt Forschern heute den Überblick über die meisten zellulären Proteine. Sie erlaubt darüber hinaus die Analyse von Interaktionen zwischen verschiedenen Proteinen ebenso wie die von Modifikationen, die deren Aktivität steuern.

Massenspektrometer für die Lebenswissenschaften

Das erste Massenspektrometer baute vor ca. 100 Jahren der britische Physiker und Nobelpreisträger Joseph John Thomson an der University of Cambridge. Es wurde über viele Jahre vor allem zur Charakterisierung chemischer Verbindungen eingesetzt. Zahllose Veränderungen der Technik, insbesondere die MALDI-Methode, die in den 1980er Jahren von Michael Karas und Franz Hillenkamp an der Goethe-Universität entwickelt wurde, ermöglichten die Messung auch großer Moleküle, die in biologischen und medizinischen Fragestellungen eine Rolle spielen.

Allen massenspektrometrischen Verfahren ist gemeinsam, dass sie das Verhältnis von Masse zu (elektrischer) Ladung eines Moleküls messen und die Moleküle einer Mischung aufgrund dieses Verhältnisses sortieren. Als Ergebnis erhält man ein Bild mit Strichen, die verschiedene Masse-zu-Ladung-Verhältnisse repräsentieren. (Abb. 1) Diese simpel wirkenden Schwarz-Weiß-Grafiken enthalten komplexe Informationen, die erst prozessiert werden müssen, um für den Menschen leicht verständliche Daten und Bilder zu generieren. Besonders deutlich wird dies am Beispiel einer sogenannten Interaktionsanalyse (siehe Abb. 1), mit deren Hilfe wir in unseren Labors am Frankfurter Institut für Biochemie II schon viele Kommunikations-Netzwerke von Proteinen aufklären konnten. Ziel einer solchen Analyse ist es, alle Partner, mit denen ein bestimmtes Protein innerhalb einer Zelle interagiert, zu erfassen.

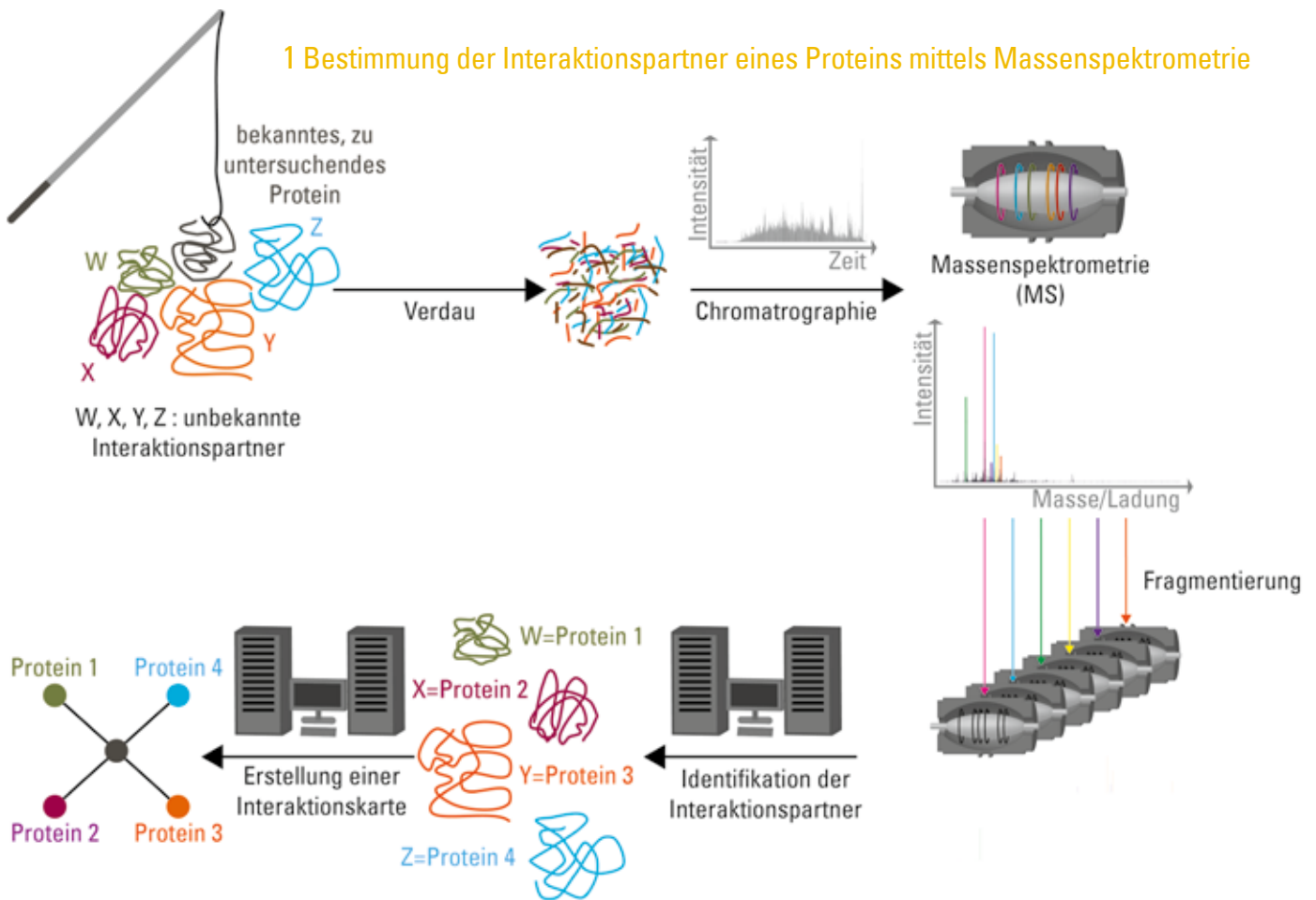




AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Die Funktion einer Zelle wird von der Interaktion ihrer Proteine gesteuert. Dabei hat jeder Zelltyp ein spezifisches Proteom.
- Um zu verstehen, mit welchen Partnern ein bestimmtes Protein in der Zelle interagiert, wird es mit diesen Partnern aus der Zelle isoliert, in kleinere Peptide aufgebrochen und das Gemisch im Massenspektrometer gemessen.
- Mithilfe bioinformatischer Algorithmen können die komplexen Interaktionen von Proteinen visualisiert werden.
- Weltweit arbeiten Wissenschaftler und große Konsortien daran, das komplette menschliche Interaktom zu entschlüsseln, um besser vorhersagen zu können, welche Auswirkungen die Veränderung einzelner Proteine oder Proteingemeinden auf die Funktion der Zelle hat.

1 Bestimmung der Interaktionspartner eines Proteins mittels Massenspektrometrie



1 Ein bekanntes, zu untersuchendes Protein wird »herausgeföhrt«, um interagierende Proteine zu finden. Das Proteingemisch wird verdaut, durch Chromatographie fraktioniert und in kleinen Portionen im Massenspektrometer gemessen. Hierfür wird erst das gesamte Gemisch im Orbitrap-Massenspektrometer (MS) gemessen, um die Massen der Peptide zu bestimmen. Danach werden die Massen mit der höchsten Intensität getrennt angereichert, im Massenspektrometer weiter aufgebrochen und diese Fragmente erneut im Orbitrap-Massenspektrometer gemessen (MS/MS). Mittels der Massen der intakten Peptide und deren Fragmenten können anhand von Computeralgorithmen die Proteine im Gemisch und die Interaktionspartner des zu untersuchenden Proteins ermittelt werden. Diese werden dann in ein Interaktionsnetzwerk zusammengefügt, um das visuelle Verständnis zu vereinfachen.

Bioinformatik ermöglicht Zuordnung von Proteinen

Zunächst isolieren wir aus Zellen das zu untersuchende Protein zusammen mit all seinen Interaktionspartnern. Da wir schonende Verfahren anwenden, bleiben die Interaktionspartner an das Protein gebunden, jedoch enthält das Gemisch üblicherweise auch noch Tausende anderer Proteine. Im Gemisch sind diejenigen Proteine am häufigsten, die mit dem zu untersuchenden Protein am häufigsten in Kontakt treten. Dann wird das Proteingemisch mit dem Enzym Trypsin in viele kleine Abschnitte zerlegt, die ca. ein Dutzend Aminosäuren enthalten und Peptide genannt werden. Dieser Arbeitsschritt ähnelt der Verdauung im Dünndarm.

Weil die Peptide kurz sind und ihre Masse weniger variabel ist, können wir die Proteine, denen sie entstammen, bei der folgenden Analyse leichter erkennen. Das Peptidgemisch wird dann aufgrund seiner unterschiedlichen chemischen Eigenschaften vorsortiert (durch Chromatographie) und in kleinen Portionen in das Massenspektrometer injiziert. Um die Peptide im elektromagnetischen Feld des Massenspektrometers voneinander trennen zu können, werden sie ionisiert. So kann man das Verhältnis von Masse zu Ladung für alle Peptide messen.

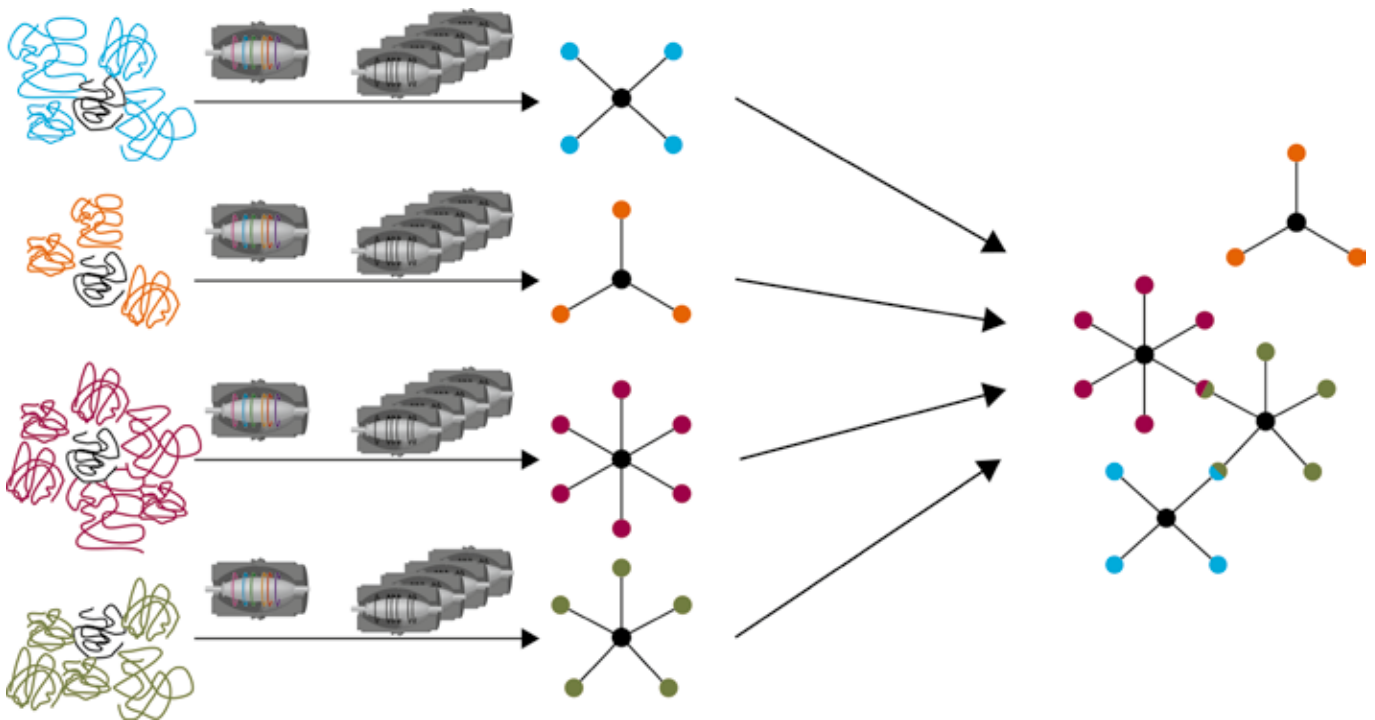
Wir verwenden für die Messung der Masse eine sogenannte Orbitrap.

Bei der Messung eines komplexen Proteingemischs kommen schnell 100 000 Bilder zusammen, deren manuelle Analyse unmöglich wäre. Abhilfe schaffen leistungsstarke Computer mit dazugehöriger spezialisierter Analyse-Software. Mit der Entwicklung der Bioinformatik hat sich auch hier Revolutionäres getan: Moderne Algorithmen berechnen die Zusammensetzung des jeweiligen Peptids aus den im Orbitrap gemessenen Werten, gleichen die Peptidsequenz mit existierenden Datenbanken ab und ermitteln so, zu welchem Protein das jeweilige Peptid gehört und wie häufig es im Gemisch vorhanden war. Am Ende dieser hoch komplizierten Rechengänge steht eine Liste mit der Häufigkeit aller gemessenen Proteine, aus denen sich die Interaktionspartner ermitteln und grafisch darstellen lassen. (Abb. 1)

Funktionale Zusammenhänge erschließen sich erst durch Visualisierung

Mithilfe dieser Methode können wir sämtliche Interaktionen eines Proteins in einer Zelle darstellen. Um zu verstehen, wie das Protein in das gesamte zelluläre Kommunikationsnetzwerk integriert ist, reicht dies allerdings oft nicht aus. Hierzu bedarf es Grafikprogramme, die einzelne

2 Erstellung von Interaktionsnetzwerken



PROTEINE

Proteine, auch Eiweiße genannt, bestehen aus unterschiedlich langen Ketten von Aminosäuren. Insgesamt gibt es 20 verschiedene Aminosäuren, welche in einzigartiger Kombination und Länge jedes Protein einer Zelle formen. Die Information zur Abfolge der Aminosäuren liegt auf der DNS im Zellkern. Daraus ergeben sich die dreidimensionale Struktur des Proteins und, oft im Komplex mit anderen Proteinen, seine Funktion. Durch enzymatische Verdauung im Magen-Darm-Trakt, aber auch bei der Vorbereitung unserer Proben für die Massenspektrometrie, entstehen kleine Proteinstückchen mit wenigen bis mehreren Dutzend Aminosäuren. Diese nennen sich Peptide. Da wir in unseren Experimenten bestimmte Verdauungsenzyme verwenden, von denen wir genau wissen, wo sie schneiden, können wir genau vorhersagen, mit welchen Aminosäuren unsere Peptide enden. Dies erleichtert die bioinformatische Analyse der Massenspektrometrieproben.

Interaktions-Netzwerke zu einem Gesamtbild zusammenfügen. Die Visualisierung ist ein entscheidender Schritt zum Verständnis der komplexen Interaktionen zwischen einzelnen Proteinen. Durch sie lassen sich die berechneten Hierarchien innerhalb von Netzwerken erkennen und interpretieren.

Oft zieht die bioinformatische Auswertung einen Rattenschwanz weiterer massenspektrometrischer Analysen nach sich – etwa, wenn das uns interessierende Protein mit anderen Proteinen in Kontakt tritt, über deren eigenes Interaktions-Netzwerk bislang nichts oder nur wenig bekannt ist. Seit einigen Jahren gibt es sogar Bestrebungen, für alle Proteine einer Zelle alle Interaktionen zu kartieren. Dabei handelt es sich um eine der größten biomedizinischen Herausforderungen seit der Sequenzierung des humanen Genoms.

Für solche erweiterten Protein-Interaktionsnetzwerke wird aus mehreren Millionen Zellen das erste Protein mit seinen Interaktionspartnern gereinigt und per Massenspektrometrie untersucht, aus einem zweiten Satz von Zellen das nächste usw. (Abb. 2) Für erweiterte Interaktionsnetzwerke ergeben sich so bereits Projekte von mehreren Monaten Dauer. An der Kartierung aller zellulären Interaktionsnetzwerke arbeiten weltweit zahlreiche Wissenschaftler und

2 Zur Darstellung von Proteininteraktionsnetzwerken wird die Analyse der Interaktionen einzelner Proteine (in schwarz) unabhängig voneinander durchgeführt. Dazu durchlaufen verschiedene Proteine die in Abbildung 1 dargestellten Schritte. Dabei entsteht für jedes Protein ein eigenes Interaktionsnetzwerk (hier in unterschiedlichen Farben), welches dann mit anderen zusammengeführt werden kann. Einzelne Proteine können mit mehreren Proteinen interagieren und so zweifarbig dargestellte Punkte schaffen, welche zwei schwarze Punkte miteinander vernetzen. Das gezeigte Netzwerk stellt die Interaktionen von vier Proteinen dar, kann aber durch die Analyse weiterer Proteine erweitert werden (s. S. 81) bis es alle Proteine einer Zelle darstellt.

große Konsortien. Der benötigte Arbeitsaufwand beträgt viele Jahre, trotz des hohen personellen und maschinellen Einsatzes bei der Probenherstellung, der Messung und der umfangreichen bioinformatischen Analysen. Millionen Massenspektrometrie-Messungen müssen zu Interaktionskarten einzelner Proteine verarbeitet und diese dann zu gigantischen Netzwerken zusammengestellt werden. Die Visualisierung dieser immer komplexeren Bilder stellt eine weitere große Herausforderung dar.

Ein Beispiel aus unseren eigenen Labors verdeutlicht die schnell anwachsende Komplexität: Kürzlich waren wir an einer vergleichsweise kleinen Interaktionsstudie für drei Proteine beteiligt, die eine wichtige Rolle in zellulären Stressantworten spielen (Yang et al., Nature 2016). Für diese drei Proteine fanden wir 119 Interaktionspartner. Um das gesamte Netzwerk besser erfassen und visualisieren zu können, wurden aus den 119 Interaktionspartnern 58 ausgewählt und auch deren Interaktionen untersucht. So entstand letztendlich ein Netz-



Der Autor

Dr. Christian Münch, Jahrgang 1982, studierte Biochemie in Tübingen und München, gefolgt von einer Promotion am Laboratory of Molecular Biology und der University of Cambridge (UK). Während dieser Zeit entwickelte er ein starkes Interesse an der Untersuchung von Proteinen in der Zelle, insbesondere im Kontext von Proteinfehlfaltung und Proteinqualitätskontrolle, die eine wichtige Rolle bei neurodegenerativen Erkrankungen spielen. Von 2012 bis 2016 forschte er an der Harvard Medical School in Boston (USA) und ist seit Dezember 2016 Gruppenleiter am Institut für Biochemie II an der Goethe-Universität. Dort setzt er seine Forschung zur Qualitätskontrolle in Proteinen fort und untersucht dabei Mitochondrien, welche hauptsächlich in der zellulären Energiegewinnung und im Metabolismus wichtig sind. Seit 2017 wird er durch das Emmy Noether-Programm der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

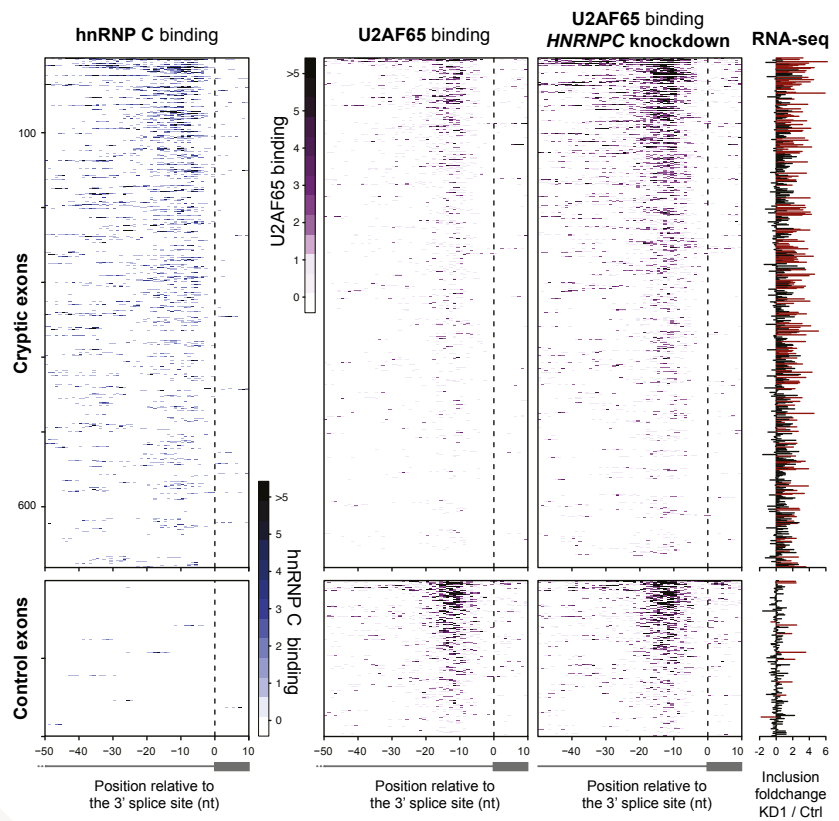
ch.muench@em.uni-frankfurt.de

werk rund um drei spannende Proteine, welches aus 197 Proteinen und 341 Interaktionen besteht. Mithilfe dieser Ergebnisse können wir verstehen, wie die zelluläre Antwort auf spezifischen Stress reguliert wird, der z.B. durch Fehlfunktionen und Erkrankungen verursacht wird.

Eine Aufgabe von gigantischem Ausmaß

Das komplette menschliche Interaktom zu erfassen, nimmt gigantische Ausmaße an: Eine kürzlich publizierte Zwischenauswertung des Netzwerks enthielt fast 6000 Proteine, welche über 56000 Interaktionen ausführten (Huttlin et al., Nature 2017). Damit konnten die Autoren die Funktionen Hunderter kaum untersuchter Proteine erklären, neue »Proteingemeinden« definieren und dadurch auch Gruppen von Proteinen bestimmen, die eine Rolle bei spezifischen Krankheiten spielen.

Neben der bioinformatischen Auswertung und der grafischen Visualisierung sind auch bei der technologischen Entwicklung der Massenspektrometrie in den vergangenen Jahren enorme Fortschritte zu verzeichnen. Wesentliche Vorteile ergaben sich vor allem aus der Verkürzung der Messzeit, der stark verbesserten Sensitivität und neuen Methoden. Kontinuierlich werden leistungsstärkere Massenspektrometer entwickelt, womit auch die quantitative Messung von sehr komplexen Gemischen, beispielsweise aller Proteine einer Zelle, möglich wird. So können wir spezifisch Veränderungen des nahezu kompletten zellulären Proteoms untersuchen, beispielsweise durch bestimmte Krankheiten oder durch Behandlung der Zellen mit existierenden oder neu entwickelten Medikamenten. Kombiniert mit den sich entwickelnden neuen Erkenntnissen bei der Untersuchung des menschlichen Interaktoms, können wir auf diese Weise die Prozesse und Reaktionen in Zellen viel besser verstehen. Künftig werden wir Veränderungen im Proteom viel genauer vorhersagen können und damit zum Beispiel Therapie-relevante Vorhersagen treffen können. ●



Dr. Kathi Zarnack

ist Forschungsgruppenleiterin am Buchmann Institut für Molekulare Lebenswissenschaften.

Dieses Bild ist wichtig, weil wir daran verstanden haben, wie in der Zelle fehlerhaftes Spleißen verhindert wird. Dazu muss man wissen, dass unsere Gene sich aus Exons und dazwischenliegenden Introns zusammensetzen. Während des Spleißens werden die Introns entfernt und die Exons in ein reifes Transkript zusammengefügt, das dann für ein Protein kodiert. Allerdings gibt es innerhalb der Introns viele Bereiche, die einem Exon sehr ähnlich sehen. Werden diese sogenannten »Pseudo-Exons« fälschlicherweise während des Spleißprozesses erkannt und in das reife Transkript eingebaut, kann das fatale Folgen für das kodierte Protein und oft die gesamte Zelle haben.

In der Studie, aus der dieses Bild stammt, konnten wir aufdecken, wie das RNA-bindende Protein hnRNP C solche Pseudo-Exons erkennt und weitläufig besetzt, um eine Erkennung durch die Spleißmaschinerie (repräsentiert durch das RNA-bindende Protein U2AF65) zu verhindern. Fehlt das korrigierende Protein hnRNP C, kommt es zu einer erhöhten U2AF65-Bindung und infolgedessen zu einer vermehrten Aktivierung der Pseudo-Exons.

Die Abbildung zeigt die Bindung von hnRNP C (blau) und U2AF65 (lila; unter Kontrollbedingungen [links] sowie in Abwesenheit von hnRNP C [»HNRNPC knockdown«; rechts]) stromaufwärts von Pseudo-Exons (»Cryptic exons«) im menschlichen Transkriptom. Die gewählte Heatmap-Darstellung erlaubt es, die Bindung über hunderte Pseudo-Exons in einer einzigen Abbildung zusammenzufassen. Dabei wird mithilfe einer Farbskala die Bindungsstärke auf jeder Position wiedergegeben. Jede Zeile entspricht einem einzelnen Pseudo-Exon.

In dem Balkendiagramm auf der rechten Seite wurde parallel der Einbau der Pseudo-Exons in reife Transkripte (»Inclusion foldchange«) nach HNRNPC-Knockdown gemessen (RNA-

seq, rechts), wobei ein positiver Wert der unerwünschten Aktivierung des Pseudo-Exons entspricht. Ein Vergleich der Bindestärken in der Abbildung verdeutlicht, dass Pseudo-Exons stärker durch die Spleißmaschinerie (dargestellt durch U2AF65) gebunden werden, wenn das korrigierende Protein hnRNP C fehlt.

Besonders wichtig war für uns, dass dieses Phänomen nicht vereinzelt auftritt, sondern systematisch über hunderte von Pseudo-Exons zu beobachten ist. Damit konnten wir das RNA-bindende Protein hnRNP C als einen zentralen Wächter des Transkriptoms identifizieren. Indem hnRNP C die zerstörerische Wirkung von Spleißfehlern unterdrückt, wird nicht nur der menschliche Organismus vor Fehlern geschützt, sondern zugleich ein Spielraum für die evolutionäre Entwicklung neuer Exons eröffnet.

Quelle

Zarnack, K*, König, J*, Tajnik, M, Martincorena, I, Eustermann, S, Stévant, I, Reyes, A, Anders, S, Luscombe, NM, Ule, J (2013), Direct competition between hnRNP C and U2AF65 protects the transcriptome from the exonization of *Alu* elements, *Cell* **152**: 453-466. (*both authors contributed equally)

Lieblingsbild

BILDER
AUS DEM
KÖRPER



Schonender Blick ins Gehirn

Hightech-Verfahren am Brain Imaging Center

von Andrea Gerber

In lebende Körper zu sehen, ohne das Messer anzusetzen, das war lange ein Traum von Wissenschaftlern und Ärzten. Was vor mehr als 120 Jahren mit Conrad Röntgens Entdeckung der X-Strahlen begann, hat sich mit Magnetenzephalographie und Magnetresonanztomographie zu gängigen Instrumenten der Hightech-Medizin entwickelt.

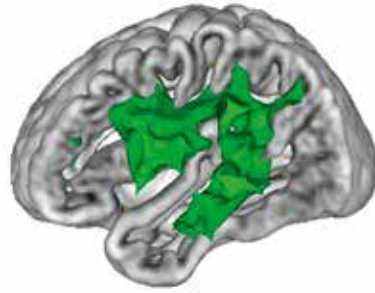
Das Gehirn nicht nur in seiner Struktur zu erkennen, sondern ihm auch bei der Arbeit zuzusehen, das ist faszinierend und liefert viele wertvolle Erkenntnisse über das Denkorgan des Menschen. Der rasante Fortschritt von Imaging-Verfahren in der Hirnforschung brachte in den letzten 20 Jahren einen beeindruckenden Erkenntnisgewinn. Forscher gewannen eine Fülle von Informationen über neuropsychologische Mechanismen und Hirnerkrankungen. So leiden viele Schlaganfallpatienten unter Sprachstörungen. Bildgebende Verfahren halfen aufzuklären, wie wir Worte finden und Sätze bilden, zeigten aber auch, dass die neuronale Verschaltung bei der Sprachbildung komplizierter ist als bisher vermutet. An der Goethe-Universität ist solche Forschung dank des Brain Imaging Centers (BIC) möglich, das seit 15 Jahren auf dem Gelände der Universitätsklinik im Stadtteil Niederrad wächst.

Den Strom der Nervenzellen messen

Der Anblick ist beeindruckend: Die Glastür öffnet sich, Forscher und Studierende sind in den Anblick ihres Bildschirms vertieft. Die Computer sind mit Dutzenden Kabeln miteinander und mit weiteren Geräten vernetzt. Die nächste Tür, dick wie bei einem Tresor, schützt den Stolz des BIC: das Magnetenzephalographie-System (MEG). Alles ist weiß und steril, in der Mitte hängt ein riesiges helmartiges Gebilde wie aus einem Science-Fiction-Film.

»Hier messen wir die elektromagnetischen Felder, die das Gehirn erzeugt. Das ist für uns sehr wichtig, um grundlegende Funktionen und Mechanismen des Gehirns zu verstehen«, erklärt Privatdozent Dr. Christian Kell, einer der fünf Direktoren des BIC. Die Quelle dieser magnetischen Signale sind aktive Nervenzellen, die in den Messspulen des MEG-Aufnehmers elektrische Spannungen induzieren. Die dicke Tür ist notwendig, um störende elektromagnetische Felder von Stromkabeln oder benachbarten Fahrstühlen abzuschirmen, da diese viel stärker sind als die des Gehirns. Nur wenn die Probanden und das MEG-Gerät in der Messkabine hermetisch abgeschirmt werden, können die Sensoren ungestört die reine Aktivität des Gehirns messen. Die MEG-Sensoren sind hochempfindliche supraleitende Quanteninterferenz-Einheiten (SQUIDS), mit denen man extrem geringe Magnetfeldänderungen messen kann. Sie müssen mit flüssigem Helium auf minus 269 Grad Celsius gekühlt werden.

Die MEG ist ein reines Diagnoseverfahren ohne Strahlenbelastung oder weitere Nebenwirkungen, gilt allerdings nicht als Routineverfahren, weil sie vergleichsweise teuer ist. Sie liefert, im Gegensatz zu anderen bildgebenden Verfahren, ohne Zeitverzögerung zentimetergenaue Daten zum Beispiel von Hirnarealen, die epileptische Anfälle auslösen. Zudem können Chirurgen damit wertvolle Informationen gewinnen,



2

2 Die strukturelle MRT kann Verbindungen zwischen Hirnarealen sichtbar machen. Hier sieht man in grün Faserbahnen zwischen Sprachzentren im Frontal- und Temporallappen eines Patienten.

3 In der Neurowissenschaft ist häufig auch Kreativität gefragt. Dieser 3-D-Druck dient als MEG- und MRT-kompatible Handauflage, in die zahlreiche Drucksensoren eingebaut werden können. Diese Messungen können dann bei der Interpretation der Hirndaten helfen.

wenn sie komplexe Schädeloperationen, zum Beispiel bei Patienten mit Hirntumoren, planen.

Ähnlich wie bei den Hirnstromkurven des Elektroenzephalogramms (EEG) stellen die aufgezeichneten Kurven die Aktivität des Gehirns dar. Die Vielzahl der MEG-Sensoren erlaubt jedoch im Gegensatz zum EEG die Bestimmung, aus welchem Teil des Gehirns die Signale stammen. Mit dieser Methode können die Forscher nicht nur die charakteristischen Signale von Epilepsie-Patienten sichtbar machen, sondern auch Aktivität in den Gehirnregionen, die Berührung, Bewegung, Hören und Sehen verarbeiten. Das dreidimensionale Bild entsteht erst, indem die MEG-Ergebnisse in die kernspintomografischen MRT-Schichtbilder des Kopfes eingeblendet werden. Die Frankfurter Forscher untersuchten u. a. Patienten mit chro-

nischer Schizophrenie und entdeckten bei einer MEG-Messung, dass die Interaktionen für die Wahrnehmung wichtiger Hirnregionen ähnlich gestört sind wie nach der Einnahme von Ketamin, einem Halluzinationen auslösenden Anästhetikum.

Dem Gehirn bei der Arbeit zusehen

Ebenso schonende Live-Ansichten des aktiven Gehirns liefert die inzwischen am weitesten verbreitete Neuroimaging-Methode, die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT). Sie macht die Stoffwechselaktivität des Gehirns sichtbar: Weil sauerstoffreiches Blut in aktiven Regionen und sauerstoffarmes Blut in Zonen geringerer Hirnaktivität sich in ihren magnetischen Eigenschaften unterscheiden, werden aktivierte Hirnareale erkennbar. Die Karte bunt gefärbter Flecken entsteht durch statistische Auswertung der Daten. So können die Forscher beinahe in Echtzeit dem Hirn bei der Arbeit zusehen, während Testpersonen zum Beispiel Aufgaben lösen. In der Medizin kommt das Verfahren vor allem bei der Operationsvorbereitung neurochirurgischer Eingriffe zum Einsatz. Das Ziel auch von Frankfurter Wissenschaftlern ist, mit dieser Methode u. a. grundlegende Mechanismen des Gehirns zu verstehen und neue Therapiemethoden für körperliche oder psychische Störungen zu finden.

BRAIN IMAGING CENTER (BIC)

- Forschungsinhalte und -ziele: Interdisziplinäre Erforschung des Gehirns, seiner Struktur und Funktionen mithilfe von Bildgebenden Verfahren (MRT, fMRT, MEG)
- Neustrukturiert Juli 2016
- Kooperationspartner: Goethe-Universität Frankfurt, Max-Planck-Gesellschaft (Institut für Empirische Ästhetik), Ernst Strüngmann Institut für Neurowissenschaften
- Goethe-Universität: MR Kernstruktur (Leiter Prof. Ralf Deichmann) und MEG Kernstruktur (Leiter Prof. Michael Wibral)
- Goethe-Universität (Sprecher PD Dr. Christian Kell): Kliniken für Neurologie, Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie, Kinder- und Jugendpsychiatrie, Neuroradiologie, Medizinische Psychologie, Klinische Pharmakologie und Psychologie
- Max-Planck-Institut für Empirische Ästhetik (Leiter Prof. David Poeppel): Abteilungen für Neurowissenschaften, Musik sowie Sprache und Literatur
- Ernst Strüngmann Institut für Neurowissenschaften (Leiter Prof. Pascal Fries): Neurowissenschaftliches Labor
- Umzug in den Neubau: 2022



3

Die fMRT basiert technisch auf der Magnetresonanztomographie (MRT), die zunächst besonders der Strukturanalyse des Gehirns diente. Die Erfindung dieser Bildgebungstechnologie – der ersten bedeutenden für die Neurowissenschaften – war so revolutionär, dass ihre Entdecker Paul Lauterbur und Peter Mansfield dafür 2003 den Nobelpreis für Medizin bekamen. Die MRT »schneidet« das Gehirn virtuell in Scheiben, im Schnelldurchlauf reist der Betrachter durch das eineinhalb Kilo schwere Wunderwerk der Evolution mit seinen 100 Milliarden Nervenzellen. In dem starken Magnetfeld des Geräts richten sich die Atomkerne körpereigener Wasserstoffatome aus, ihre »Spins« reagieren

ähnlich wie Kompassnadeln. Nachdem sie von Radiowellen des Tomografen in die entgegengesetzte Richtung umgeklappt wurden, nehmen sie ihre Ausgangsposition wieder ein, je nach Gewebeart mit unterschiedlicher Geschwindigkeit. Dieser Vorgang ist messbar und erzeugt das Bild.

Die MRT liefert Erkenntnisse auch zu psychischen Störungen, denn dabei sind zum Teil bestimmte Gehirnregionen vergrößert oder verkleinert. Die Bedeutung dieser strukturellen Veränderungen für die Erkrankung ist jedoch noch Gegenstand der Forschung. Wichtig hierbei ist es, einen Bezug herzustellen zwischen strukturellen und funktionellen Veränderungen, zum Beispiel mithilfe von fMRT-Daten.

Ein eigenes Zentrum für die Bildgebung in den Neurowissenschaften

Um noch effektiver forschen zu können, bilden in Frankfurt mehrere Einrichtungen und Disziplinen ein Netzwerk und fanden unter einem Dach ein gemeinsames Zentrum: das Brain Imaging Center. Seit 2016 steht es auf mehreren Säulen: der Goethe-Universität, dem Max-Planck-Institut für Empirische Ästhetik und dem Ernst Strüngmann Institut. Die beiden methodologischen Forschungsgruppen MR und MEG Kernstruktur entwickeln die Qualität der Datenaufnahmen und -analysen weiter und unterstützen die anderen BIC-Forscher. Die Nutzer der interdisziplinären Arbeitsgruppen sitzen u.a. an den Kliniken für Neurologie, Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie, Kinder- und Jugendpsychiatrie, in der Neuroradiologie, Medizinische Psychologie, Klinische Pharmakologie und Psychologie. Am Max-Planck-Institut gehören die Abteilungen für Neurowissenschaften, Musik sowie Sprache und Literatur dazu und am Ernst Strüngmann Institut das neurowissenschaftliche Labor.

Sie alle widmen sich gemeinsam der Erforschung von Struktur und Funktion des menschlichen Gehirns, »mit gegenseitigem Mehrwert«, wie Christian Kell betont. Wie wichtig die Forschung mit bildgebenden Verfahren für das Verständnis u.a. von psychischen Erkrankungen ist, zeigt eine Studie des BIC zur Gesichtserkennung. Auch dann, wenn unser Gehirn nur ein Minimum an optischen Informationen bekommt, erkennt es ultraschnell Objekte, also auch Gesichter. Es trifft dabei laufend Vorhersagen und gleicht diese mit den ankommenden Informationen ab. Nur wenn dabei Fehler auftreten, müssen höhere Hirnregionen benachrichtigt werden, um aktiv ihre Vorhersagen anzupassen. Wissenschaftler vom Ernst Strüngmann Institut konnten das erstmals durch die Messung dieser »benachrichtigenden« Hirnwellen belegen, die bei Patienten mit Schizophrenie

und Erkrankungen aus dem Autismus-Spektrum beeinträchtigt scheinen. Die Hoffnung ist nun, beide Krankheitsbilder besser zu verstehen und Patienten dabei helfen zu können, ihre fehlerhaften Vorhersagen leichter anzupassen.

Viele Fragen in der Hirnforschung sind noch offen

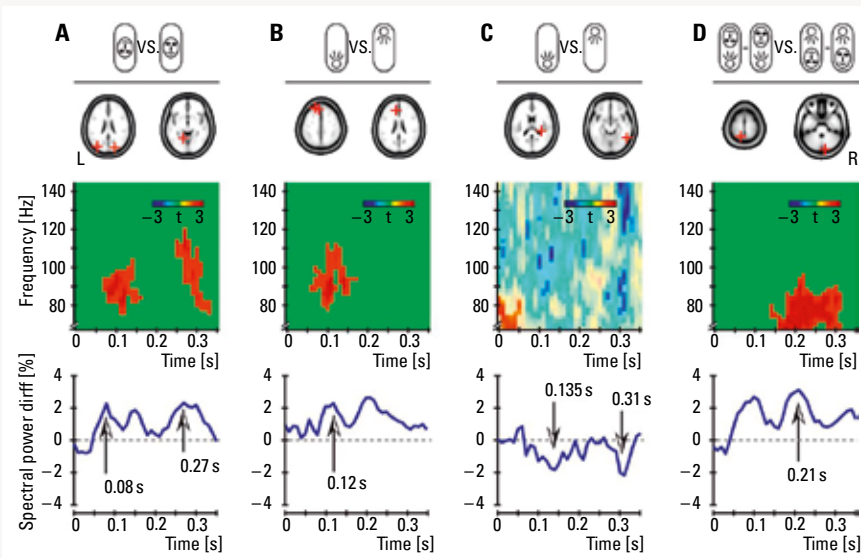
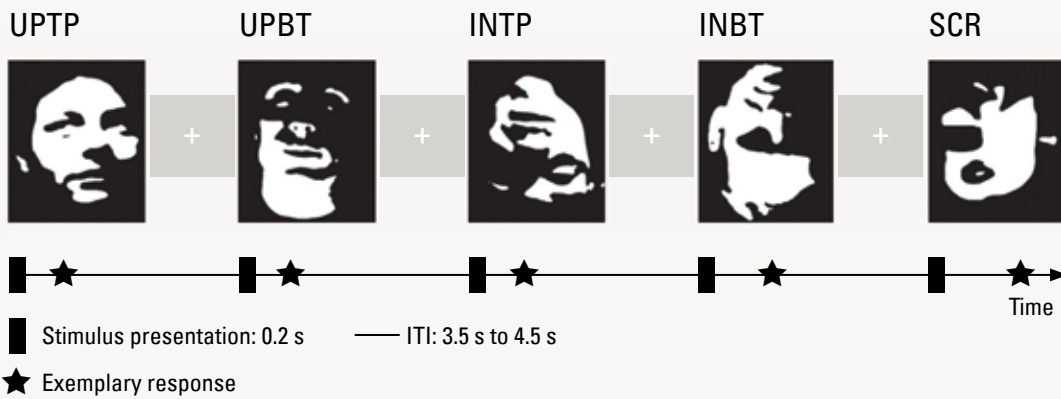
Die Wurzeln des BIC liegen in einer Forschungsplattform, die ursprünglich das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert hat und die an die Universität überging. Zwischenzeitlich wurde das Projekt von der Goethe-Universität und dem Max-Planck-Institut (MPI) für Hirnforschung getragen, seit Juli 2016 kooperiert die Universität mit einem anderen MPI, dem für Empirische Ästhetik mit Gründungsdatum im Jahr 2015 und dem Ernst Strüngmann Institut.

Noch residiert das BIC in einem Häuschen auf dem Klinikgelände nahe dem Elli-Lucht-Park. In fünf Jahren kommt dann der große Augenblick: 2022 ist der Umzug in einen geräumigen Neubau mit mehr Fläche und neuen Geräten geplant. Das große neue interdisziplinäre Institut auf dem Klinikgelände wird auch einen 7-Tesla-Kernspintomografen beherbergen. Geräte mit einem solch starken Magnetfeld steigern die Bildqualität und erweitern die Forschungsmöglichkeiten gegenüber der Standardklasse von 1,5 oder 3 Tesla deutlich.

In der Hirnforschung gibt es noch viel zu entdecken und auch die Bildgebung durchläuft



4 Privatdozent Dr. Christian Kell, Jahrgang 1977, ist einer der fünf Direktoren des Brain Imaging Centers. Sein wissenschaftlicher Fokus liegt auf der Erforschung der Lateralisierung von Hirnfunktionen wie dem Sprechen. Klinischer Schwerpunkt des Oberarztes in der Klinik für Neurologie und stellvertretenden Direktors des Epilepsiezentrums Rhein-Main ist die Aufdeckung individueller Struktur-Funktions-Beziehungen von Hirnregionen seiner Patienten.



MOONEY-GESICHTER UND GEHIRNREAKTIONEN DARAUF

Im Vergleich zum EEG kann man beim MEG gezielt Signale aus bestimmten Gehirnregionen ableiten. Im Schnittbild des Schädels ist die Region durch ein rotes Kreuz markiert. Das Spektrum (links) zeigt die MEG-Signale von der Gesichter-Erkennung in zwei verschiedenen Situationen: im ersten Bild steht das Gesicht auf dem Kopf, im zweiten ist es richtig herum.

Links

- www.bic.uni-frankfurt.de
- www.muk.uni-frankfurt.de/56080437/172
- www.aesthetics.mpg.de/forschung.html
- www.esi-frankfurt.de

gerade eine Findungsphase. »Das ›Wo‹ ist gut beantwortet, künftig geht es mehr um das ›Wie‹«, meint Christian Kell. Interaktive Prozesse, funktionelle Konnektivität, Muster jenseits der einzelnen Hirnregionen sichtbar zu machen und zu verstehen, das sind die neuen Herausforderungen. Daher setzen die Wissenschaftler u. a. auf die Verquickung von funktioneller Kernspintomographie und Magnetenzephalographie. Künftig möchten die Neurowissenschaftler noch mehr über Grundprinzipien des Aufbaus, Netzwerke und Funktionen des Gehirns wissen.

Doch die Forscher sehen den Blick in das Gehirn nicht unkritisch. Je mehr sie über die Denkkzentrale herausfinden, desto früher können eventuell erste Anzeichen von Störungen erkannt werden. »Wenn wir bei einem gesunden Menschen während einer Untersuchung irgendwann erkennen können, dass er ein erhöhtes Risiko für eine bestimmte Erkrankung hat, die noch nicht behandelt werden kann, kann das seine Lebensqualität beeinträchtigen«, merkt der Frankfurter Hirnforscher Christian Kell an. Aber auch bei der Interpretation der Bilder aus dem Hirnscan ist Vorsicht geboten.

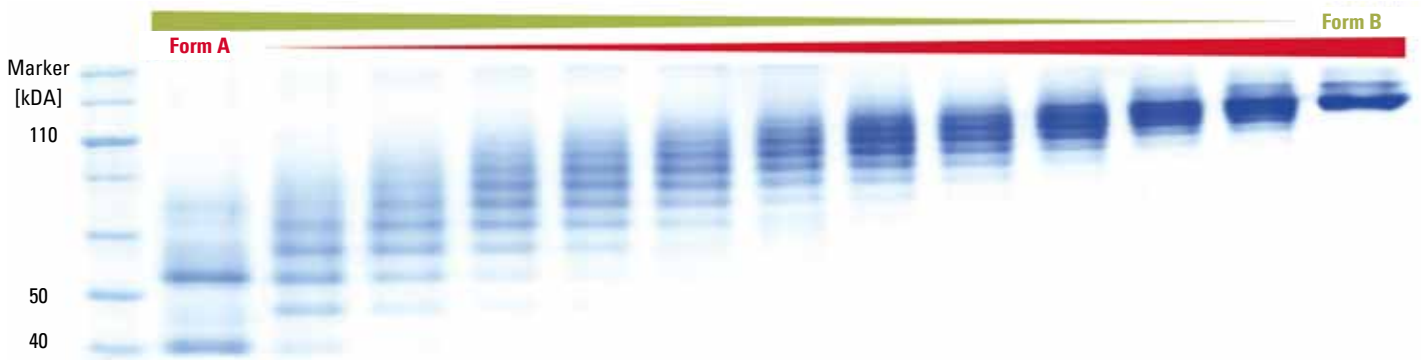
Denn wie komplex das Hirn ist, macht die Bildgebung immer anschaulicher – schließlich haben wir ein ganzes Universum im Kopf. ●



Die Autorin

Andrea Gerber studierte Biologie in Erlangen und ist als freie Wissenschaftsjournalistin tätig. Eines ihrer Lieblingsthemen sind die Neurowissenschaften und dabei besonders die Bildgebung.

commtime-ga@gmx.de



Prof. Martin Grininger

hat eine Lichtenberg-Stiftungsprofessur der Volkswagen Stiftung am Buchmann Institut für Molekulare Lebenswissenschaften der Goethe-Universität. Sein Forschungsgebiet ist die Reaktionskontrolle in Proteinen.

Florian Bourdeaux

studierte Chemie an der Goethe-Universität. Er hat das Bild im Rahmen seiner Promotion in der Arbeitsgruppe von Martin Grininger angefertigt.

Dominik Scheliu

studiert Chemie an der Goethe-Universität und hat im Rahmen seiner Masterarbeit die Experimente die zu diesem Bild führten durchgeführt.

Proteine kommen selten einzeln vor, sondern lagern sich kurzzeitig oder permanent an andere Proteine an. Oft lagern sich gleiche Proteine zu Komplexen zusammen, die man als Homo-Oligomere bezeichnet. Wir bearbeiten seit Jahren das Protein Dodecin, ein Homo-Oligomer aus zwölf Proteinen. Wir wollen Dodecin dazu bringen, nicht nur Homo-, sondern auch Hetero-Oligomere aus zwei veränderten Formen (Form A und Form B) zu bilden. Dadurch erwarten wir eine Erweiterung der Funktion von Dodecin, die vor allem biotechnologisch interessant ist. So könnte ein Hetero-Oligomer von Dode-

cin in Zellen zwei Substanzen einfangen und zur Reaktion bringen. Form A hat dabei einen Fangarm für Substanz 1 und Form B einen anderen Fangarm für Substanz 2. Auf dieser Aufnahme konnten wir zum ersten Mal sehen, dass Hetero-Oligomere tatsächlich gebildet werden können. Jede Bande entspricht einem konkreten Hetero-Oligomer, gemischt aus Protein A und B. Aufgetrennt wurden die verschiedenen Hetero-Oligomere über SDS PAGE – eine Methode, die Proteine nach ihrer Größe trennt. Sichtbar gemacht wurden die aufgetrennten Hetero-Oligomere mit einem Farbstoff, der an Proteine bindet.

Lieblingsbild

Tiefer Blick ins Herz

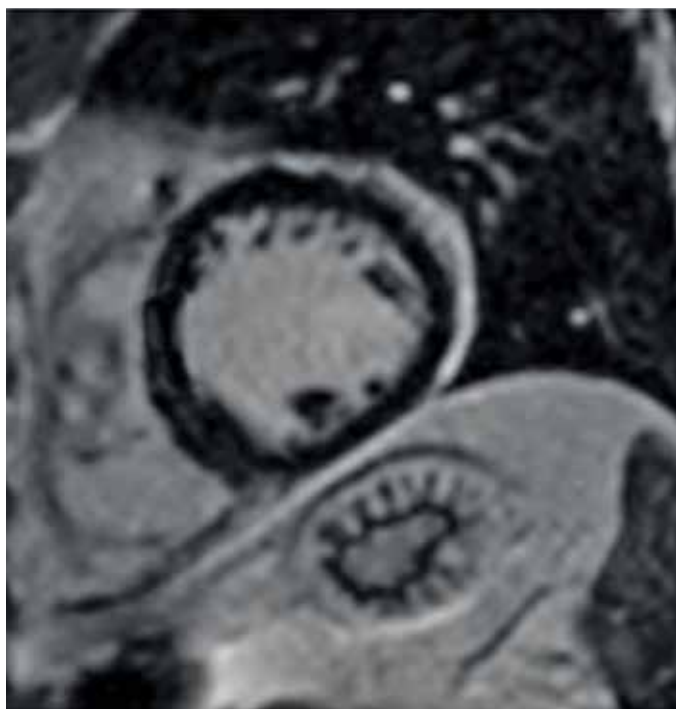
Schonende Diagnostik macht Frühstadien sichtbar

von Anja Störiko

Dank moderner Techniken der Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT) entstehen aussagekräftige Bilder des Herzens ohne Eingriff in den Körper. Diese liefern bei vielen Herzerkrankungen oftmals den entscheidenden diagnostischen Hinweis.

Herzuntersuchung ohne Bildgebung? Das ist heute unvorstellbar!«, schüttelt Prof. Eike Nagel den Kopf angesichts der Frage, wie Ärzte und Patienten ohne Aufnahmen des Herzens heute dastünden. In seiner Abteilung »Kardiovaskuläre Bildgebung« forscht er mit zwölf Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern an verbesserten Prognose- und Diagnosemöglichkeiten von Herzerkrankungen – Krankheiten, die keineswegs nur ältere Menschen betreffen: »Wir planen beispielsweise eine Kooperation mit Profi-Sportvereinen«, schildert der Kardiologe eine Einsatzmöglichkeit seiner hochmodernen Bildgebungsgeräte. Für Hochleistungssportler stellt eine unerkannte Herzmuskelentzündung eine große Gefahr dar: Eine vermeintlich harmlose Erkältungskrankheit kann auch den Muskel infizieren, der das Blut durch den Körper pumpt. Bleibt dies unerkannt und setzt der Sportler sein intensives Training fort, kann dies zu chronischen Entzündungen und im schlimmsten Fall zum plötzlichen Tod führen.

Hier setzt Nagels Bildgebung an: »Wir sehen uns das Herz an, seine Struktur, Funktion und Durchblutung – und sehen, ob etwas nicht stimmt.« Dazu nutzt die Arbeitsgruppe vor allem die Magnetresonanztomographie (MRT). »Anders als bei der klassischen Echokardiographie können wir damit in den Herzmuskel reinschauen«, schildert Nagel die Vorteile dieses in der Herzuntersuchung recht neuen



1 Magnetresonanztomographie eines 28-jährigen Sportlers mit anhaltender Belastungsschwäche nach grippalem Infekt. Mit der Standard-Technik sind zunächst keine Auffälligkeiten sichtbar. Nach drei Monaten sind jedoch Teile des Herzmuskels narbig ersetzt (weiße Pfeile).

Verfahrens. Es macht den Blutfluss (medizinisch: Perfusion) sichtbar und damit mögliche Engstellen. Zudem erkennen die Experten, ob der Herzmuskel vernarbt, entzündet oder anderweitig verändert ist. Den bisher üblichen Einsatz der MRT-Technik in der Herzuntersuchung haben die Frankfurter in den letzten Jahren federführend mit- und fortentwickelt.

MRT ist genauso effizient wie Herzkatheter-Eingriff

Die vergleichsweise schnelle Methode erlaubt es, Patienten frühzeitig zu untersuchen und so möglicherweise eine Herzschwäche (Insuffizienz) bis hin zum Herzinfarkt zu verhindern. »Viele Menschen quälen sich jahrelang mit leichten Symptomen von Arzt zu Arzt – hier kann ein MRT früh und schnell Gewissheit geben«, schildert Nagel ein Anwendungsbeispiel. Viele der Untersuchten seien keine klassischen Herzpatienten, sondern Menschen mit chronischen Erkrankungen oder Vorschädigungen. »Krankheiten wie HIV, Nierenschäden, Rheuma oder Tumoren strahlen häufig auch auf das Herz aus«, so Nagel. So hält er es beispielsweise für sinnvoll, vor einer Chemotherapie das Herz zu untersuchen – und es während der Therapie weiter im Blick zu behalten. So ließen sich sekundäre Schädigungen frühzeitig erkennen oder sogar verhindern. »Wir können heute so viele Erkrankun-

gen erfolgreich behandeln oder sogar heilen – aber das Herz leidet dabei unentdeckt mit und sollte daher beobachtet werden«, ist der Kardiologe überzeugt.

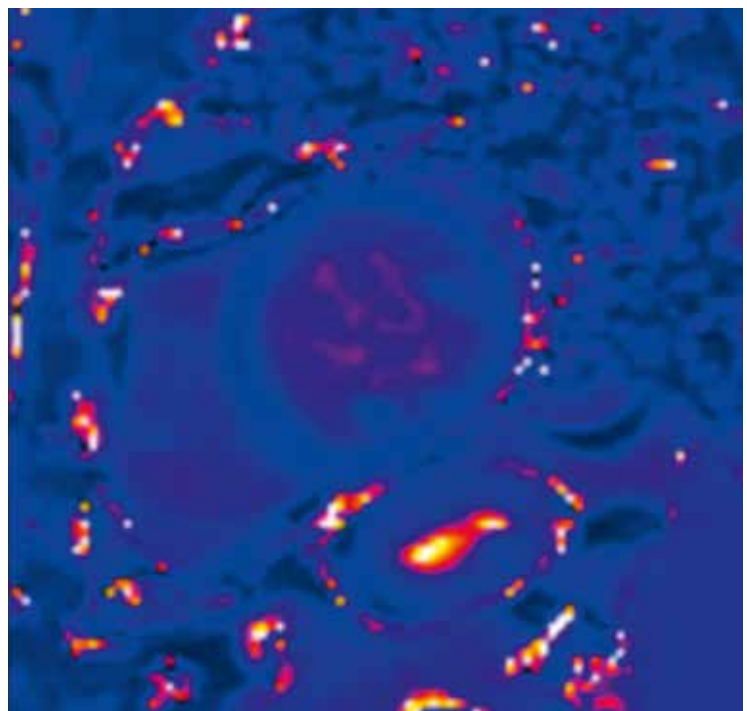
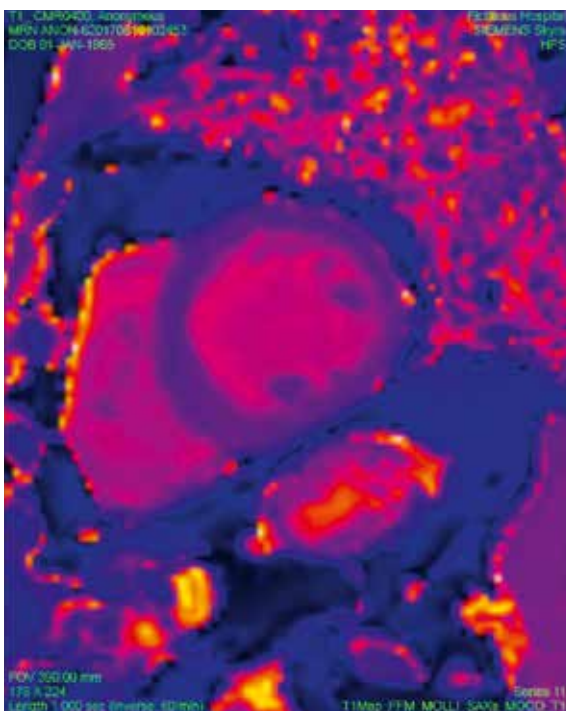
In einer international beachteten Studie zeigten die Frankfurter kürzlich, dass eine schonende MRT-Untersuchung von außen genauso effizient ist wie ein klassischer Herzkatheter-Eingriff, bei dem ein feiner Schlauch über eine Ader zum Herzen vorgeschoben wird. Den knapp tausend untersuchten Patienten beider Gruppen ging es nach einem Jahr vergleichbar gut. »Die MRT-Patienten sind allerdings zwei Stunden nach der Untersuchung wieder fit, während viele Menschen nach einem Herzkatheter-Eingriff einige Tage Schonung benötigen«, beschreibt Nagel einen Vorteil der moder-



ZUR PERSON

Prof. Dr. Eike Nagel ist Direktor der Abteilung für experimentelle und translationale kardiovaskuläre Bildgebung, Professor für kardiovaskuläre Bildgebung des Deutschen Zentrums für Herz-Kreislauf-Forschung (DZHK). Er leitet den Schwerpunkt interdisziplinäre kardiovaskuläre Bildgebung der Inneren Medizin III – Kardiologie, Nephrologie, Angiologie und das Institut für diagnostische und interventionelle Radiologie am Universitätsklinikum der Goethe-Universität.

eike.nagel@cardiac-imaging.org



2 Mit den neuen »Mapping«-Techniken kann man schon im frühen Stadium eine leichte diffuse Fibrose (links) und deutliche Zeichen einer Entzündung erkennen. So kann die Therapie frühzeitig beginnen.

MODERNE HERZUNTERSUCHUNG MIT MRT UND CT

Die Geräte sind für den Laien kaum zu unterscheiden: futuristische weiße Röhren, in die der Patient hineingeschoben wird. »Tomographie« stammt von den griechischen Wörtern *τομή* (*tomé*) für »Schnitt« und *γράφειν* (*gráphein*) für »schreiben«, denn beide Geräte zeichnen Bilder aus verschiedenen Schnittrichtungen auf. Der **Magnetresonanztomograph (MRT)** erzeugt starke Magnetfelder, die die Atomkerne im Körper anregen – unterschiedlich stark je nach Gewebeart. Die zweidimensionalen Bilder stellen in ihrer Abfolge dem Betrachter die verschiedenen Schichten dar. Sie lassen sich als »Cinebilder« wie ein Film abspielen. Der **Computertomograph (CT)** hingegen erstellt unzählige einzelne Röntgenaufnahmen, aus denen der Computer dreidimensionale Bilder berechnet. Die Patienten sind hier einer – wenn auch geringen – Strahlendosis ausgesetzt. Moderne Geräte kommen mit weniger als zwei MilliSievert (mSv) aus. Bei einer klassischen Herzkatheter-Untersuchung werden üblicherweise um die 10 mSv eingesetzt.

Kontrastmittel helfen, Blut und Gewebe oder verschiedene Gewebearten (etwa verdicktes Narbengewebe und Herzmuskel) besser sichtbar zu machen. Bei der Herzkatheteruntersuchung wird das

Kontrastmittel direkt in die Herzkranzgefäße gespritzt, bei CT und MRT wird es über eine Armvene verabreicht.

Bislang werden Herzpatienten üblicherweise mit **Echokardiographie** untersucht. Diese Ultraschall-Untersuchung des Herzens macht die Herzfunktion sichtbar, die Größe der Herzkammern, die Klappenfunktion sowie die Pumpeffizienz. Nicht beurteilt werden können die Herzkranzgefäße, deren Blut den Herzmuskel mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt; und Veränderungen des Herzmuskels selbst. Damit bleiben viele Erkrankungen unentdeckt; und viele Symptome können nicht zugeordnet werden.

Eine genauere Untersuchung erlaubt der **Herzkatheter**. Dabei wird ein feiner Schlauch in die Blutbahn eingeführt und bis ins Herz vorgeschoben. Mithilfe von Kontrastmitteln wird so der Blutfluss sichtbar. Blutdruck, Sauerstoffgehalt und Temperatur können direkt vor Ort gemessen werden. Zudem erlaubt der Katheter direkte Eingriffe. So können etwa verengte Gefäße gedehnt oder Stents (metallische Gefäßstabilisatoren) und Herzklappen eingesetzt werden. Neben der (geringen) Strahlenbelastung hat diese invasive Behandlung größere Risiken für den Patienten als ein äußerliches Bildgebungsverfahren.

nen Bildgebung. Zudem sind bei einer rein äußerlichen Untersuchung die Risiken etwa von Blutungen geringer als bei einem Eingriff. Vor allem zeigte sich in der MRT-Gruppe, dass ein Drittel der Gefäßerweiterungen vermieden werden könnte.

Narbengewebe ohne Kontrastmittel erkennen

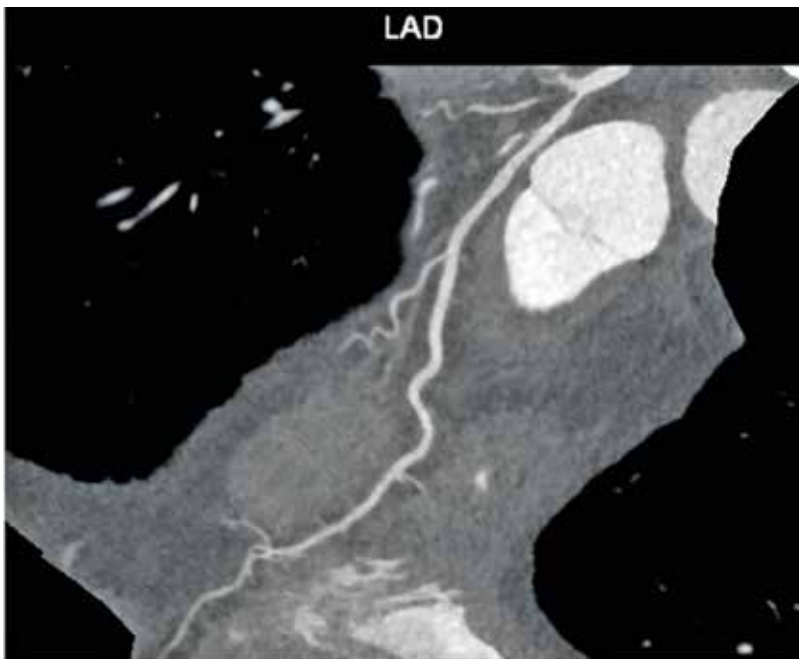
Am Bildschirm überprüft der Kardiologe die MRT-Aufnahmen eines Patienten. Das Herz erscheint unverändert und gesund – vor wenigen Jahren wäre hier keine Erkrankung fest-

gestellt worden. Erst neue Magnetisierungstechnik erlaubt, in den Herzmuskel zu schauen und ihn genau zu analysieren. Da Wasser und Narbengewebe eine andere Magnetisierung als der Herzmuskel selbst aufweisen, können so auch frühe Erkrankungen und Veränderungen des Herzmuskels erfasst werden. Das bearbeitete Bild zeigt auf einmal deutliche Auffälligkeiten: Bindegewebe hat sich überall vermehrt und Herzmuskelzellen ersetzt. »Dieses Narbengewebe können wir im MRT ohne Kontrastmittel sichtbar machen – und es ist DAS entscheidende Prognose-Kriterium für eine Herzmuskel-erkrankung«, so Nagel. Auch der Wassergehalt des umgebenden Herzgewebes gibt einen Hinweis auf Entzündungen. Die frühzeitige Erkennung sei der erste Schritt, betont der Spezialist. Nun gelte es auszuloten, welche frühzeitigen Behandlungsmöglichkeiten für diese Patienten sinnvoll sind: Das ist das nächste Ziel der Arbeitsgruppe.

Superschnelles CT zeigt gefährliche Veränderung der Blutgefäße

Patienten mit Herzschrittmachern oder anderen Implantaten können in vielen Fällen nicht im Magnetfeld untersucht werden. Für sie kommt eine computertomographische Untersuchung infrage. Seit wenigen Wochen steht ein hochmoderner neuer Computertomograph (CT) in der Abteilung Kardiovaskuläre Bildgebung. Anders als übliche CTs hat dieser »Dual Source CT« zwei Röntgen-Quellen, sodass das dreidimensionale Bild entsprechend schneller entsteht. »Bei einem superschnellen CT verschmiert die Herzmuskelbewegung nicht«, erklärt Nagel die präziseren Bilder. Zudem können die zwei Röntgenstrahler verschieden eingestellt werden und damit beispielsweise Kontrastmittel sichtbar und unsichtbar machen. »Mit modernen CTs können wir damit sowohl die Herzdurchblutung als auch Narbengewebe erfassen«, beschreibt Nagel die Alternative zum MRT, die allerdings mit leichter Strahlenbelastung einhergeht und immer Kontrastmittel benötigt. Ein Vorteil des Computertomographen ist die genaue Darstellung der Herzarterien und Veränderungen an der Wand dieser Blutgefäße. So werden nicht verkalkte Ablagerungen sichtbar (»weiche Plaques«), die in Zukunft platzen und einen plötzlichen Herzinfarkt auslösen könnten.

Trotz Hightech sei eine MRT- oder CT-Untersuchung heutzutage kein Hexenwerk mehr und aus Nagels Sicht die Untersuchungskosten im unteren dreistelligen Euro-Bereich wert: »Etwa wenn ein Dachdecker so sicherstellen kann, dass er nicht sein Einkommen und sogar sein Leben riskiert, weil er nach einer Erkältung mit einer unerkannten Herzmuskelentzündung körperliche Schwerstarbeit



3 CT-Darstellung der linken Koronararterie, die das Herz mit Blut versorgt. (Das 3-D-Bild wurde zur besseren Darstellung auf 2-D gestreckt). Am Abgang (weißer Pfeil) ist das Gefäß deutlich verengt. Dank der exzellenten Bildqualität kann man häufig auf eine invasive Herzkatheteruntersuchung verzichten.

leistet«. Zukünftig könnten solche Untersuchungen günstiger, aussagekräftiger und zuverlässiger werden.

Risiken früher erkennen – passende Therapien entwickeln

Die Patienten stellen den Forschern der Abteilung »Kardiovaskuläre Bildgebung« ihre Daten freiwillig für Forschungszwecke zu Verfügung. Sie werden dazu etwas ausführlicher untersucht und nach zwei Jahren nochmal befragt oder untersucht. Aus den Daten erhoffen sich die Wissenschaftler Aufschluss über die weiteren Risiken und Behandlungsstrategien. Idealerweise ergibt sich daraus in einigen Jahren ein Prognoseinstrument, das die frühzeitige Vorsorge und Behandlung von Herzrisiken erlaubt – und mögliche Herzpatienten gar nicht erst zu solchen werden lässt.

»Als ich vor 25 Jahren während meines Studiums begonnen habe, mich mit kardialer Bildgebung zu beschäftigen, gab es nur wenige gesicherte Studien, und Patienten wurden mit viel Erfahrung, aber wenigen Informationen behandelt«, schildert Nagel die rasanten Änderungen in seinem Fachgebiet. Bilder, die heute in wenigen Sekunden entstehen, benötigten damals 20 Minuten Messzeit. »Heute können wir feinste Veränderungen auf einem Bild erkennen und uns damit tatsächlich ein »Bild« von der Erkrankung machen.« Diffuse, vorher nicht messbare Patientenbeschwerden würden so auf einmal sichtbar.

Zukünftig erwartet Nagel noch schnellere Geräte und Computer, sodass schon ein Herzschlag für eine aussagekräftige Aufnahme ausreicht – derzeit müssen die Patienten sechs bis

zehn Sekunden lang den Atem anhalten, damit die Lungentätigkeit nicht das Bild verwackelt. »Wir wollen mit der Bildgebung nicht nur das Risiko für den Patienten darstellen, sondern darauf basierend eine jeweils passende frühzeitige Therapie entwickeln beziehungsweise Fehltherapien verhindern – dann wird man Herzpatienten künftig ganz anders behandeln können«, ist Nagel überzeugt. ●



Die Autorin

Dr. Anja Störiko, Jahrgang 1965, studierte und promovierte in Mikrobiologie. Sie arbeitet seit vielen Jahren als freie Journalistin für Publikumszeitschriften, ist Redakteurin der Fachzeitschrift »BIOspektrum« und hat Bücher zu Gesundheitsthemen verfasst. Dass der Blick ins Herz die Risiken der häufigsten Todesursache verringern helfen könnte, faszinierte sie an der kardiologischen Bildgebung.

anja@stoeriko.de

www.stoeriko.de



Pioniere in der Endoskopie: Prof. Jörg Bojunga, Prof. Mireen Friedrich-Rust und Dr. Andrea Tal.

Mit der Kamera durch das Verdauungssystem

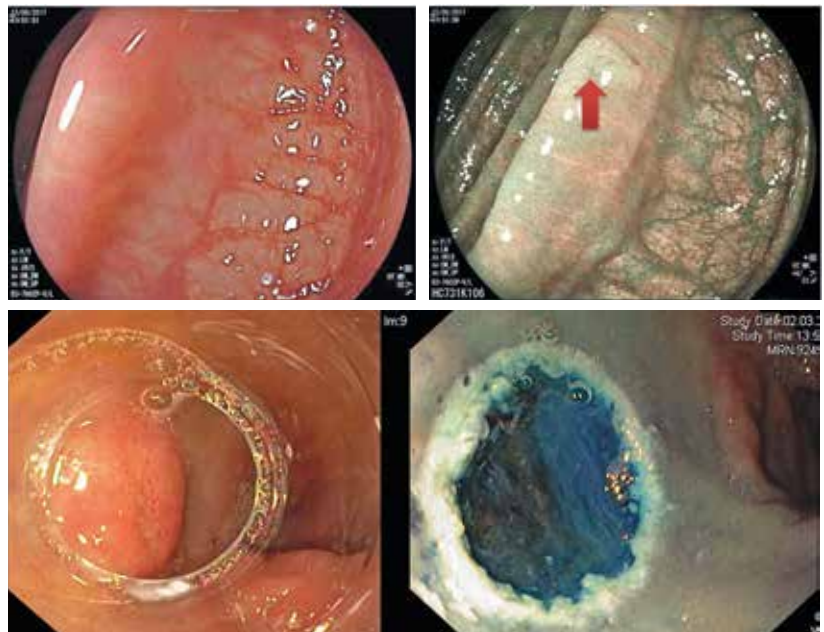
Früherkennung und schonende Therapie
dank moderner endoskopischer Verfahren

von Mireen Friedrich-Rust, Andrea Tal und Jörg Bojunga

Mit flexiblen Video-Endoskopen gelangen heute hochaufgelöste Bilder des Magen-Darm-Traktes. Bösartige Tumoren werden früher erkannt und oft auch entfernt, ohne die Bauchdecke aufzuschneiden. Sogar Verengungen der Gallenwege lassen sich mit hochpräziser Endoskopietechnik darstellen und behandeln. Die Medizinische Klinik 1 der Universitätsklinik unter der Leitung von Prof. Dr. Stefan Zeuzem gehört zu den Pionieren auf diesem Gebiet.

Die meisten Menschen kommen beim Fernsehen in den Genuss von HDTV-Technologie. Doch auch bei der Video-Endoskopie, bei der winzige, flexible Kameras über den Mund oder den Anus in das Verdauungssystem eingeführt werden, haben die hochaufgelösten Bilder zu erheblichen Fortschritten geführt. Gastroenterologen, die Spezialisten für den Magen-Darm-Trakt, können damit frühe Formen von Krebs und Krebsvorstufen identifizieren. Mit virtuellen Farbfiltermethoden lassen sich zusätzlich Veränderungen besser charakterisieren, weil optische Konturen von Blutgefäßen und Schleimhautstrukturen deutlicher sichtbar werden.

Ein Beispiel für aktuelle Filtertechnologien ist das Blue Laser Imaging (BLI). Hierbei werden die Bilder durch zwei Laserquellen erzeugt. Die erste mit kurzer Wellenlänge (410 Nanometer) erzeugt ein klares Bild der kleinen oberflächlichen Gefäße und der Mikrostruktur der Schleimhaut. Die zweite Laserquelle mit 450 Nanometern Wellenlänge nimmt Bilder der tiefen Gefäße und der strukturellen Schleimhaut auf. Beide Lichtquellen zusammen erzeugen ein helles, sehr detailliertes Bild sowohl der Makrostruktur als auch der Mikrostruktur des Gewebes. So kann man die Schleimhautoberflächen des Magen-Darm-Trakts besser beurteilen. (Abb. 1) Krebsfrühformen lassen sich durch ihre veränderte Gefäßstruktur früh erkennen und dann endoskopisch heilend therapieren, was dem Patienten potenziell eine Operation erspart. Unsere Arbeitsgruppe der Medizinischen Klinik 1 (Direktor: Prof. Dr. Stefan Zeuzem) am Universitätsklinikum der Goethe-Universität vergleicht die unterschiedlichen Verfahren derzeit im Rahmen einer Studie zur Tumorfrüherkennung in der Speiseröhre bei Risikopatienten.



Tumoren entfernen und Engstellen weiten

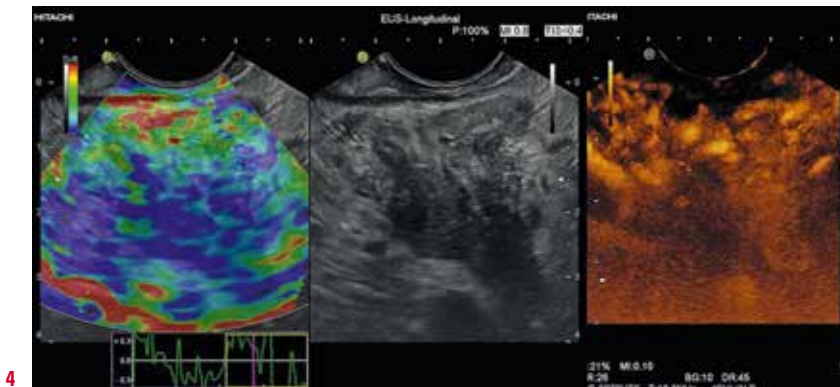
Tumoren der Schleimhäute oder der darunterliegenden Schichten, die früher noch operiert werden mussten, können dank verbesserter Techniken heute endoskopisch entfernt werden (Endoskopische Mukosaresektion (EMR), Endoskopische Submukosadisektion (ESD), Vollwandresektion (FTRD)). Bei der EMR wird mithilfe einer Kappe und aufgeladener Schlinge oder mit einem Gummiband das Gewebe gefasst und durch Schlingenabtragung entfernt. (Abb. 2) Bei der ESD können große Frühkrebsformen tunnelartig präpariert und als Gesamtstück endoskopisch entfernt (reseziert) werden. Die Vollwandresektion ist seit Kurzem endoskopisch möglich durch die Weiterentwicklung von großen Metall-Clips, die in kleinerer Version seit mehreren Jahren für den endoskopischen Ver-

1 Links sieht man Dickdarmschleimhaut mittels Weißlichtendoskopie. Rechts denselben Abschnitt mittels BLI-Technik, wobei man ein sogenanntes Adenom sehen kann (roter Pfeil). Dies ist ein gutartiges Geschwulst aus Schleimhaut oder Drüsengewebe, das sich zu einem bösartigen Tumor entwickeln kann.

2 Neuroendokriner Tumor im Zwölffingerdarm. Abtragung durch Endoskopische Mukosaresektion unter Zuhilfenahme einer Kappe.



3



4



5

3 Links: Endoskop (grüne Pfeile); Gallengänge (gelbe Pfeile); gutartige Engstelle im Hauptgallengang (roter Pfeil).

Rechts: Behandlung der Engstelle (blauer Pfeil) mittels selbstexpandierendem Metallstent.

4 Endosonographie bei Pankreaskarzinom

Links: Real-time-Elastographie eines Tumors in der Bauchspeicheldrüse. Dieser kommt überwiegend blau als Ausdruck von hartem Gewebe zur Darstellung.

Rechts: In der Kontrastmittel-Endosonographie zeigt sich der Tumor weniger durchblutet als das gesunde umgebende Gewebe.

5 Cholangioskopie mit Darstellung eines normalen Gallenwegsystems links und einer entzündlichen Verengung rechts.

schluss von Wundheilungsdefekten nach chirurgischen Eingriffen im Bereich der Speiseröhre und des Magen-Darm-Traktes verwendet werden. Mit dem auf ein Endoskop montierten Clip kann man Tumoren greifen, die sich über die gesamte Darmwand erstrecken. Anschließend legt man eine Schlinge um das Tumorgewebe und trägt es mit Strom ab, während der Clip den Verschluss des Darmtraktes sicherstellt.

Engstellen von Darm- oder Gallengangsabschnitten können lebensbedrohlich sein. Kommt es zu einem Darmverschluss oder einer schweren Entzündung der Gallenwege, kann eine Blutvergiftung (Sepsis) die Folge sein. In den letzten Jahren hat die Endoskopie immer mehr Möglichkeiten geschaffen, diese Komplikationen durch gezielte Eingriffe am erkrankten Gewebe zu behandeln. Hierzu gehört die Erweiterung durch Wasser-gefüllte Ballons im gesamten Magen-Darm-Trakt und auch die Weiterentwicklung von Metallstents, mit deren Hilfe Engstellen aufgrund von Tumoren oder Narbengewebe geweitet werden. Metallstents gehören

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Moderne bildgebende Verfahren wie HDTV und Farbfiltermethoden ermöglichen eine bessere Auflösung in der Endoskopie, so dass man Tumoren des Magen-Darm-Trakts früher erkennen und behandeln kann.
- Dank neuer Techniken können Frühkrebsformen endoskopisch behandelt werden. Das erspart Patienten eine Operation.
- Endoskopien durch die Magen- und Darmwand und in die Gallenwege eröffnen neue Dimensionen für die Therapie.
- Dank der Fortentwicklung von Clips und Stents können postoperative Komplikationen besser behandelt werden.

in der Endoskopie mittlerweile zu den Standardverfahren. Aufgrund ihrer technischen Weiterentwicklung finden sie bei immer mehr Krankheitsbildern Anwendung, mittlerweile selbst im Gallenwegsystem. Wir haben beispielsweise in einer großen internationalen Studie gezeigt, dass gutartige Gallengangsverengungen nach einer Lebertransplantation (narbige Stenose) mithilfe von selbstexpandierenden Metallstents (SEMS) gut geweitet werden können. (Abb. 3) Dazu haben wir die Behandlung mit SEMS an insgesamt 50 Patienten der bisherigen Standardtherapie mit Plastikstents gegenübergestellt. Es zeigte sich die gleiche Menge an Nebenwirkungen und Erfolgen, jedoch musste man die Patienten mit SEMS seltener endoskopieren, da die Metallstents einen deutlich größeren Durchmesser haben und somit seltener gewechselt werden müssen.

Auch beim Ultraschall über ein Endoskop (Endosonographie) hat es Fortschritte gegeben. Hier ermöglichen farbkodierte Elastizitätsbilder die Unterscheidung von weichen und harten Tumoren, wobei bösartige Tumoren sich überwiegend hart darstellen. Zudem ermöglicht die Kontrastmittel-verstärkte Endosonographie eine bessere Darstellung der Durchblutung von Tumoren, welche wiederum helfen kann, ein Karzinom der Bauchspeicheldrüse von einem neuroendokrinen Tumor desselben Organs zu unterscheiden. (Abb. 4) Unsere Arbeitsgruppe hat zu diesen innovativen Verfahren im Bauchraum und der Schilddrüse zahlreiche Studien international publiziert. Die Techniken haben durch Verbesserung der Diagnostik zu einem deutlichen Rückgang von invasiven Eingriffen

wie Leberpunktionen und unnötigen Schilddrüsenoperationen geführt.

Bis hinein in die Gallengänge

Lange Zeit konnte man die Gallengänge nur indirekt durch die Injektion von Kontrastmitteln im Röntgen darstellen. Inzwischen ist es möglich, ein hochauflösendes Video-Cholangioskop direkt oder über den Arbeitskanal eines Duodenoskops (mit dem man über den Dünndarm zur Mündung der Gallenwege gelangt) in die Gallengänge einzuführen. Dazu haben wir erste Studien publiziert. Ein großer Vorteil dieser Methode ist, dass wir gutartige von bösartigen Verengungen unterscheiden und gezielt Proben entnehmen können. Zudem zertrümmern wir eingeklemmte Gallensteine unter Sicht und entfernen sie anschließend konventionell. (Abb. 5)

Inzwischen untersuchen und behandeln wir mit dem Endoskop nicht nur die Hohlräume des Verdauungssystems, sondern auch Höhlen neben dem Magen-Darm-Trakt. Stirbt z.B. in Folge einer schweren Bauchspeicheldrüsenentzündung entzündetes Gewebe ab (infizierte Nekrose), so ist es möglich, endoskopisch über eine Magenspiegelung mit integriertem Ultraschallgerät (Endosonographie) ein Loch in die Magen hinterwand zu brennen und die Nekrosen durch Einlage eines Plastik- oder Metallstents in den Magen zu drainieren. Zudem ist es möglich, aktiv in diese Höhlen zu endoskopieren und Nekrosen abzutragen und abzusaugen. Dieses Verfahren (transgastrale Nekrorektomie) hat für den Patienten ein deutlich geringeres Risiko als eine Operation. Die Medizinische Klinik 1 gehört zu den spezialisierten Zentren, die regelmäßig diesen Eingriff vornehmen.

Mit hochauflösenden HDTV-Kameras, Filtertechnologien und immer kleineren Videoendoskopen können wir heute viele bösartige Veränderungen des Magen-Darm-Trakts und der Gallengänge schon in einem frühen Stadium erkennen und dank neuer Techniken oft auch endoskopisch behandeln. Für die Patienten bedeutet das mehr Sicherheit und eine schonendere Therapie. ●

Links

www.ESGE.com

www.dge-bv.de

www.endoscopy-campus.com

www.efsumb.org

Die Autoren

Prof. Dr. Mireen Friedrich-Rust leitet zusammen mit Prof. Bojunga die zentrale Endoskopie der Medizinischen Klinik 1 (Direktor: Prof. Dr. Zeuzem) am Universitätsklinikum der Goethe-Universität. Sie ist Fachärztin für Innere Medizin und Gastroenterologie mit Zusatzbezeichnung Internistische Intensivmedizin.

mireen.friedrich-rust@kgu.de

Dr. Andrea Tal ist Facharzt für Innere Medizin in der Medizinischen Klinik 1. Er interessiert sich insbesondere für die Erprobung neuer endoskopischer Methoden und deren klinische Relevanz im Alltag. Hierzu begleitet er verschiedene klinische Studien.

andrea.tal@kgu.de

Prof. Dr. Jörg Bojunga ist stellvertretender Direktor der Medizinischen Klinik 1. Er ist Leiter des Schwerpunkts Endokrinologie, Diabetologie, Ernährungsmedizin und hat zudem die geteilte Leitung der zentralen Endoskopie der Medizinischen Klinik 1.

joerg.bojunga@kgu.de

– Anzeige –



MIT IHRER HILFE RETTET ÄRZTE OHNE GRENZEN LEBEN.

WIE DAS DER SCHWANGEREN PATIENTIN YANESI FULAKISON: Nach einer Flutkatastrophe in der Region Makhanga in Malawi brauchen viele Menschen medizinische Hilfe. ÄRZTE OHNE GRENZEN startet einen Noteinsatz. Unser Team bringt die hochschwangere Frau per Helikopter ins Krankenhaus, denn das Leben von Mutter und Baby sind in akuter Gefahr. Schließlich rettet ein Kaiserschnitt beiden das Leben. **Wir hören nicht auf zu helfen. Hören Sie nicht auf zu spenden.**



SPENDENKONTO

Bank für Sozialwirtschaft

IBAN: DE 72 3702 0500 0009 7097 00

BIC: BFSWDE33XXX

www.aerzte-ohne-grenzen.de/spenden



The image features a white background with several overlapping, tilted rectangular shapes. A large, solid maroon shape is positioned in the upper right. Below it, a dark brown-to-black gradient rectangle is tilted. To the left, a lighter brown-to-white gradient rectangle is also tilted. The text 'DAS UMSTRITTENE BILD' is written in white, uppercase letters across the maroon and dark brown areas.

DAS UMSTRITTENE BILD

Verbotene Bilder

Über den Umgang mit Kinderpornografie in Strafverfahren

von Matthias Jahn und Dominik Brodowski

Es wäre eine bessere Welt, würde es diese Bilder nicht geben: Die Rede ist von Darstellungen, die sexuellen Missbrauch von und sexualisierte Gewalt an Kindern und Jugendlichen zeigen. Die physischen und psychischen Verletzungen, die durch den Missbrauch, aber auch durch dessen Perpetuierung in Bildern verursacht werden, sind unermesslich. Daher greift die Gesellschaft zu einem ihrer schärfsten Schwerter – dem Strafrecht.

Verbotenes

Welches Verhalten beim Umgang mit Bildern sogar bei Strafe verboten ist, muss – so schreibt es das Grundgesetz in Artikel 103 Abs. 2 vor – hinreichend bestimmt sein. Das geschieht im Strafgesetzbuch. Dort hat der Gesetzgeber in den einschlägigen Straftatbeständen mit sehr technisch klingenden Formulierungen konkretisiert, welche Bilder einem strafrechtlichen Umgangsverbot unterliegen. Der Wandel der Zeit mit seinen wachsenden technischen Möglichkeiten schlug sich immer wieder in Gesetzesänderungen nieder. In den 1970er Jahren war das Verbot zunächst auf die Verbreitung von Darstellungen des sexuellen Missbrauchs von Kindern im Sinne des damaligen § 176 Strafgesetzbuch (StGB) beschränkt und bezog sich in der Regel auf analoge Medien wie Zeitschriften, Fotografien und Videos. Erst im Laufe der 1990er Jahre wurde auch der Besitz derartiger Bilder strafbar. Zudem wurde in einer allgemeinen Begriffsbestimmung ergänzt, dass auch Darstellungen in »Datenspeichern« – gemeint waren Datenträger wie die damals gebräuchlichen Disketten, Festplatten und USB-Sticks, aber auch Internet-Speicherplatz – erfasst sind. 2008 wurde der strafrechtliche Schutz auf alle Personen unter 18 Jahre ausgedehnt, neben Kindern waren nun also auch Jugendliche explizit einbezogen. Vor zwei Jahren wiederum erstreckte der Gesetzgeber, auch als Folge des prominenten Falls *Edathy*, die Strafbarkeit auch auf sogenannte »Posing«-Bilder, die, wie es im nüchternen Juristendeutsch heißt, ein ganz oder teilweise unbedecktes Kind in unnatür-

lich geschlechtsbetonter Körperhaltung zeigen (§ 184b Abs. 1 Nr. 1 Buchst. b StGB). Zugleich wurde auch die bloße Suche nach kinder- und jugendpornografischen Bildern im Internet unter Strafe gestellt, ebenso das Streaming derartiger Inhalte.

Die Tendenz ist klar: Mehr und mehr Bilder sind bei Strafe verboten, was auch durch Vorgaben in EU-Richtlinien unterstützt wird. Jeder, der solche Bilder unter den im Gesetz genauer konkretisierten Maßstäben herstellt, verbreitet, besitzt oder auch nur im Netz danach sucht, macht sich strafbar. Insbesondere die Besitzstrafbarkeit ist sehr weitreichend: Auch wer unabsichtlich in den Besitz solcher Bilder gelangt – etwa, weil er oder sie eine entsprechende Datei unverlangt als »Spam« per Mail erhalten hat –, sollte Vorsicht walten lassen, um nicht strafbar zu werden, wie unser Frankfurter Kollege Sascha Ziemann umfassend analysiert hat (vgl. Ziemann/Ziethen 2011).

Erlaubtes

Haben Polizei oder Staatsanwaltschaft den Verdacht, dass es zu einem Verstoß gegen diese Strafvorschriften gekommen ist, sind sie dazu verpflichtet, ein Strafverfahren einzuleiten. In der Regel wird die Wohnung des Beschuldigten durchsucht (§ 102 Strafprozessordnung – StPO), Beweisstücke werden sichergestellt oder beschlagnahmt, also auch die Datenträger (z.B. DVDs und Festplatten), auf denen kinder- oder jugendpornografische Bilder abgespeichert sind. Besteht der Verdacht, dass jemand derartige Bilder herstellt oder verbreitet, kann sein Telefon überwacht werden (§ 100a StPO). Eine vor wenigen Monaten verabschiedete Gesetzesänderung ermöglicht sogar Online-Durch-

Literatur

Matthias Jahn,
Zur Frage einer Strafbarkeit
des Strafverteidigers wegen
Drittbesitzverschaffung
kinderpornographischer
Schriften im Rahmen seiner
Berufsausübung, in:
Festschrift für Werner Beulke
zum 70. Geburtstag, 2015,
S. 801–818.

Marcus Kreutz, Der Fall Tauss
oder: Wie weit darf ein
Abgeordneter bei Recherchen
gehen?, Die Öffentliche
Verwaltung 2010, S. 599–606.

Sascha Ziemann/Jörg Zithen,
Was tun mit »verbotenen
Gegenständen«, Juristische
Rundschau 2011, S. 65–69,
[https://doi.org/10.1515/
juru.2011.69](https://doi.org/10.1515/juru.2011.69).

suchungen, wenn der Verdacht einer gewerbs- oder bandenmäßigen Herstellung oder Verbreitung besteht (§ 100b StPO neuer Fassung): Dann »hacken« Strafverfolger den Computer eines Beschuldigten, um unbemerkt nach verdächtigen Dateien zu suchen.

Es gibt also verschiedene Wege, wie Strafverfolgungsbehörden derartige Beweismittel sichern können. Damit sich ein Gericht im Strafverfahren ein Bild von der Tat machen und den Täter seiner Schuld entsprechend bestrafen kann, werden sichergestellte Datenträger mit den Mitteln der IT-Forensik ausgewertet. Im Untersuchungsbericht werden die einschlägigen Darstellungen mit ausgedruckt. So kommen dann auch Richterinnen und Richter – jedenfalls zeitweise – in den Besitz der verbotenen Darstellungen. Es leuchtet sicher ein, dass Strafverfolger und Richter sich nicht selbst wegen Besitzes oder auch wegen der Weitergabe derartiger Bilder strafbar machen, solange sie nur das tun, wozu sie nach geltendem Recht gerade verpflichtet sind. Obwohl dies eigentlich selbstverständlich ist, stellt es das Strafgesetzbuch nochmal ausdrücklich klar (§ 184b Abs. 5 Nr. 1 StGB): Soweit ein derartiges Verhalten ausschließlich der rechtmäßigen Erfüllung der Strafverfolgung – einer staatlichen Aufgabe – dient, ist es nicht »tatbestandsmäßig«.

Für ein faires Strafverfahren – und nur ein solches sorgt für wirklichen Rechtsfrieden – ist es aber unabdingbar, dass auch der Beschuldigte und sein Verteidiger über den erhobenen Vor-

wurf detailliert Bescheid wissen, diesen hinterfragen und möglicherweise entkräften können. Daher ist in der Rechtsprechung anerkannt, dass sich Strafverteidiger, die kinder- und jugendpornografische Schriften ausschließlich in rechtmäßiger Erfüllung ihrer beruflichen Pflichten als Anwälte besitzen oder weitergeben, auf die Privilegierung des § 184b Abs. 5 Nr. 3 StGB berufen können (exemplarisch dazu: Oberlandesgericht Frankfurt, Neue Juristische Wochenschrift 2013, S. 1107). Gleiches gilt für Sachverständige, die – sei es im staatlichen Auftrag (dann: § 184b Abs. 5 Nr. 2 StGB), sei es im Auftrag der Verteidigung – mit der digital-

forensischen Auswertung eines Datenträgers beauftragt worden sind.

Verschwommenes

Doch die Grenze zwischen Erlaubtem und Verbotenem ist im Einzelfall oft unklar. Das betrifft nicht nur die Frage, inwieweit sich auch investigativ tätige Journalisten oder Bundestagsabgeordnete ein eigenes Bild von der düsteren Realität in manchen Bereichen des *Darknet* machen dürfen (zu Abgeordneten skeptisch Kreutz 2010). Es betrifft schon den Kernbereich des Strafverfahrens, wie sich an einem 2014 vom Bundesgerichtshof (BGH) entschiedenen Sachverhalt zeigt (BGH, Strafverteidiger 2014, S. 741; dazu Jahn 2015):

Ein nordhessischer Strafverteidiger vertrat einen Mandanten, dem vorgeworfen wurde, er habe auf einer Computerfestplatte kinderpornografische Bilddateien besessen. Die Festplatte wurde polizeilich ausgewertet; der Untersuchungsbericht, in dem auch die aufgefundenen kinderpornografischen Bilder abgedruckt waren, gelangte durch einen Fehler der Behörden (anders als in den internen, für die Strafverfolger grundsätzlich verbindlichen Richtlinien vorgesehen) zur Verfahrensakte. Diese Akte scannte der Anwalt für die Zwecke der Verteidigung seines Mandanten ein. Das und der nachfolgende Besitz des Verteidigers an diesen Bildern zum Zwecke der Strafverteidigung waren zweifellos nicht strafrechtswidrig.

Vorgeworfen wurde dem Verteidiger aber, dass er seinem Mandanten eine digitale Kopie dieses Untersuchungsberichts mitgegeben habe. Auch habe er einem Privatsachverständigen, der mit einem Gegengutachten zur forensischen Auswertung der Computerfestplatte beauftragt worden war, eine weitere Kopie des polizeilichen Untersuchungsberichts mitsamt der Kinderpornografie zugesandt. Beides sei strafbar, so der Vorwurf der Staatsanwaltschaft in Marburg, weil der Verteidiger jemand anderem den Besitz an kinderpornografischen Schriften verschafft habe (heute unter Strafe gestellt in § 184b Abs. 1 Nr. 2 StGB), ohne dass dies von seinen »beruflichen Pflichten« gedeckt gewesen sei.

Trifft das zu? Um das zu beurteilen, ist ein Blick ins Strafgesetzbuch erforderlich. Die entsprechende Norm muss mit dem Handwerkszeug der juristischen Methodik interpretiert – oder, wie der Jurist sagt: ausgelegt – werden.

Der Bundesgerichtshof stellte fest, dass es sich bei der entsprechenden Norm um eine Ausnahme vom umfassenden Verbot des Unternehmens der Besitzverschaffung an kinderpornografischen Schriften handelt, das ja zum Schutz der Intimsphäre der abgebildeten Kinder besteht. Daher sei diese Ausnahme »eng auszulegen«, also auf möglichst wenige Anwendungsfälle zu

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Herstellung, Verbreitung, Besitz und Internet-Suche nach kinderpornografischen Schriften ist bei Strafe verboten. Seit 2015 zählen weitaus mehr Bilder als kinderpornografisch als nach vorheriger Rechtslage.
- Im Rahmen eines fairen, rechtsstaatlichen Strafverfahrens erlangen Richter, Strafverfolger und Strafverteidiger Besitz an derartigen verbotenen Schriften. Soweit sie ausschließlich den Zweck eines Strafverfahrens verfolgen, machen sie sich nicht strafbar.
- In Rechtsprechung und juristischer Literatur ist umstritten, ob auch der Beschuldigte und ein vom Beschuldigten beauftragter Sachverständiger eine Kopie der Bilder zu Zwecken der Strafverteidigung ausgehändigt bekommen dürfen.

begrenzen. Der Wortlaut der Norm – auf den es in der Strafrechtspraxis besonders ankommt – enthält die Maßgabe, dass der Verteidiger »ausschließlich« in dieser Hinsicht tätig werden muss und keine anderen (etwa private) Zwecke verfolgen darf. Beides hilft aber letztlich hier nicht weiter; entscheidend ist, wie so oft, die Interpretation des Sinns und Zwecks einer Norm, der *ratio legis*: Eine funktionstüchtige Strafverteidigung, wie sie vom Grundgesetz her geboten ist, setzt eine »Parität des Wissens« zwischen Anklage, Verteidigung und dem Beschuldigten voraus. Daraus folgt, dass der Verteidiger mit seinem Mandanten – von Ausnahmen abgesehen – auch dasjenige verfahrensrelevante Wissen teilen darf, ja zur Erfüllung seiner beruflichen Pflicht sogar teilen muss, das ihm durch die Akteneinsicht bekannt geworden ist. Daher war er in jenem Fall jedenfalls befugt, mit dem Mandanten den polizeilichen Untersuchungsbericht anhand der Bilder konkret zu diskutieren, ob sich der Mandant diese tatsächlich bewusst und gewollt verschafft hatte. Zwar spricht – übrigens entgegen dem OLG Frankfurt (NJW 2013, S. 1108) – viel dafür, dass er dem Mandanten auch eine Kopie mitgeben durfte, damit dieser sich auf eine solche Besprechung oder generell auf seine Verteidigung angesichts der Vielzahl der Bilder ausreichend vorbereiten konnte; sie werden in der Hauptverhandlung im Wege sogenannter Augenscheinseinnahme am Richterisch durch die unmittelbaren Verfahrensbeteiligten analysiert. Der BGH brauchte diesen Aspekt aber nicht abschließend zu entscheiden: Der Verteidiger hatte in dem gegen ihn gerichteten Strafverfahren erfolgreich vorgebracht, dass er schlicht nicht wusste, dass in den Akten auch die inkriminierten Bilder enthalten waren, als er die Aktenkopie an den Beschuldigten aushändigen ließ.

In unseren Augen deutlich klarer ist die Rechtslage in Bezug auf die Übermittlung des polizeilichen Untersuchungsberichts an den Sachverständigen: Es kann für eine effektive Verteidigung in einem fairen Strafverfahren notwendig sein und daher eine berufliche Pflicht des Verteidigers darstellen, eigenständig eine Zweitmeinung zu einem komplexen technischen oder naturwissenschaftlichen Sachverhalt einzuholen. Dann ist es aber eine quasi zwingende Konsequenz, dem Sachverständigen die angezweifelte »Erstmeinung« vollständig zur Verfügung zu stellen. Dass der BGH dennoch verlangt, den Gegenstand, die Methodik und die Zielsetzung des Gutachtauftrags detailliert offenzulegen, damit die Strafgerichte prüfen können, ob es tatsächlich notwendig war, die »Erstmeinung« vollständig zu übermitteln, greift zu tief in die Berufsgeheimnissphäre des Strafverteidigers ein. Aber erst ein-

mal ist es für die Praxis so entschieden – und die Strafrechtswissenschaft kann dies kritisch kommentieren.

Aufzuhellendes

Unser Beispielfall zeigt, dass die Grenze zwischen Erlaubtem und Verbotenem im Umgang mit kinderpornografischen Bildern im Strafverfahren an den Rändern doch noch nicht so klar abgesteckt ist, wie es zunächst den Anschein hatte. So ist etwa noch aufzuhellen, inwieweit Strafverfolger und auch Strafverteidiger die genannten Untersuchungsberichte, aber auch die digitalen Beweisstücke auf solchen Computern oder gar in der »Cloud« abspeichern dürfen, die nicht vollständig und ausschließlich unter ihrer eigenen Kontrolle sind. Auch ist keineswegs eindeutig, ob Strafverfolger, um Zutritt zu abgeschotteten Zirkeln im *Darknet* zu erhalten, selbst als »Keuschheitsprobe« (im kriminalistischen Jargon: Begehen einer Straftat, um nicht enttarnt zu werden) einzelne verbotene Bilder übermitteln dürfen. Spektakuläre Ermittlungserfolge gerade der hessischen Strafverfolger – hier ist vor allem eine in Gießen angesiedelte Zentralstelle der Generalstaatsanwaltschaft zur Verfolgung von Internetkriminalität zu erwähnen – sollten darüber nicht hinwegtäuschen.

All diesen Fällen liegt dabei dasselbe, grundlegende Dilemma zugrunde: Das Ziel, diejenigen zu bestrafen, die kinder- und jugendpornografische Schriften herstellen, verbreiten und besitzen, lässt sich nur um den – jedenfalls auf den ersten Blick widersprüchlichen – Preis erreichen, dass andere Personen diese Schriften innerhalb bestimmter Grenzen doch besitzen und sogar weitergeben dürfen. ●



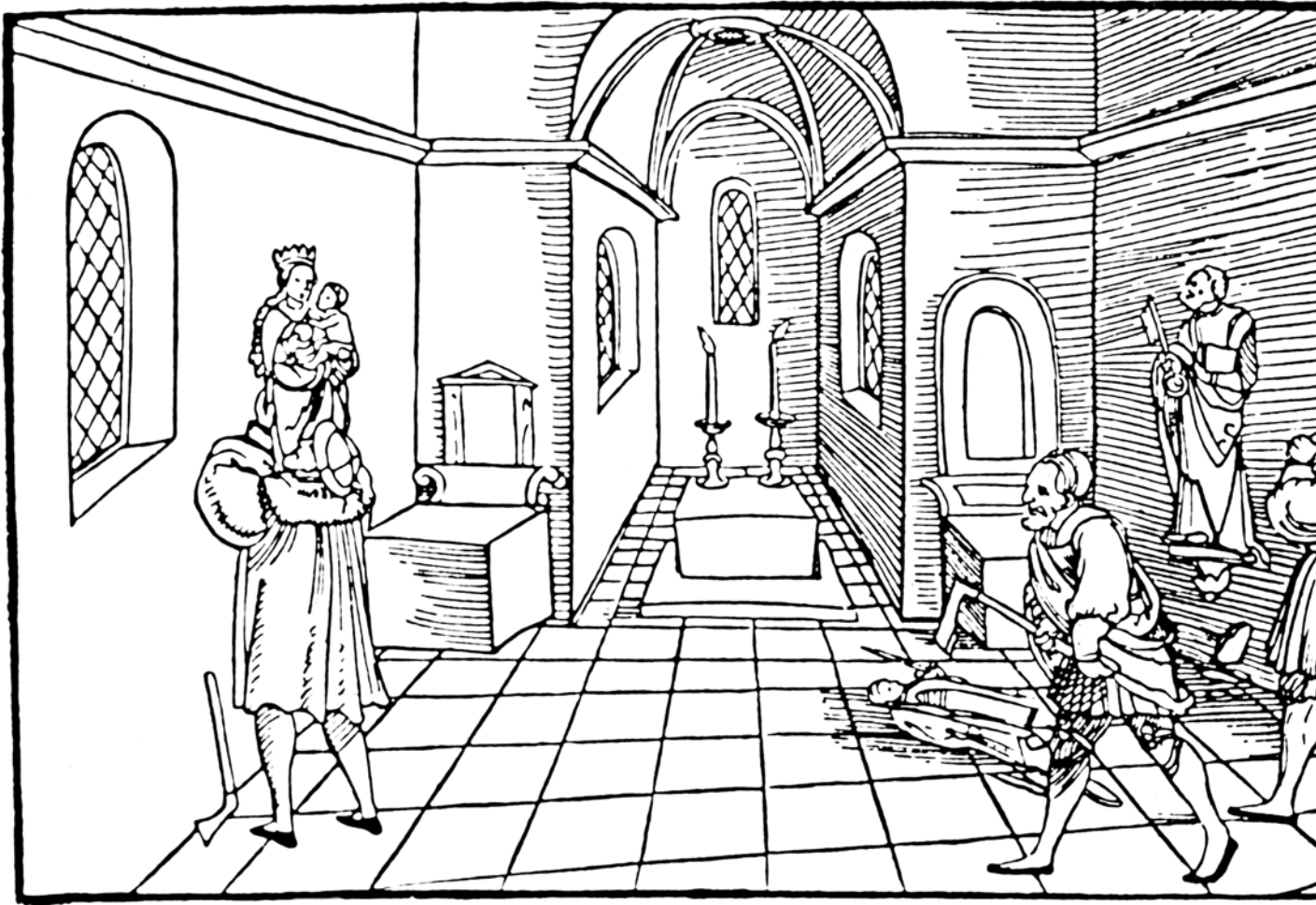
Die Autoren

Prof. Dr. Matthias Jahn, Jahrgang 1968, war zunächst Strafverteidiger und Staatsanwalt, 2005 übernahm er einen Lehrstuhl für Strafrecht an der Universität Erlangen-Nürnberg. 2013 ist er in gleicher Funktion in seine Geburtsstadt Frankfurt zurückgekehrt, wo er an der Goethe-Universität studiert, promoviert und sich habilitiert hat. Jahn lehrt und forscht insbesondere zum Strafprozess- und Wirtschaftsstrafrecht. Im zweiten Hauptamt ist er Richter am 1. Strafsenat des Oberlandesgerichts Frankfurt.

jahn@jur.uni-frankfurt.de

Dr. Dominik Brodowski, Jahrgang 1980, studierte Rechtswissenschaften in Tübingen und Philadelphia, USA. 2015 wurde er über eine Arbeit zu Überwachungsmaßnahmen im Polizei- und Strafverfahrensrecht in Tübingen promoviert. Seit 2015 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter im durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten strafrechtlichen Teilprojekt »Open Competence Center for Cyber Security – OpenC3S« am Institut für Kriminalwissenschaften und Rechtsphilosophie der Goethe-Universität.

brodowski@jur.uni-frankfurt.de



Kampf um das Gottesbild

Der unterschiedliche Umgang
der monotheistischen Religionen
mit Bildern im sakralen Raum

von Catherina Wenzel



»Ihr sollt euch nicht zu den Götzen wenden, und gegossene Götter sollt ihr euch nicht machen [...] (Lev 19,4)
 [...] sollen wir nicht meinen, daß das Göttliche dem Gold und Silber oder Stein, einem Gebilde der Kunst und der Erfindung des Menschen gleich sei. (Acta 17,29)
 Pfui über euch und über das, was ihr an Gottes Statt verehrt! [...] (Q 21,67)«¹

Diese drei Sätze stammen nacheinander aus der hebräischen Bibel, dem Neuen Testament und dem Koran. Man kann sie beinahe wie *einen* Text lesen, an dem sich die These des Ägyptologen Jan Assmann belegen ließe, dass mit der Herausbildung monotheistischer Religionen wie Judentum, Christentum und Islam im Allgemeinen und dem Bilderverbot im Besonderen die Unterscheidung zwischen wahr und falsch in die Götterwelt gekommen sei (Assmann 1998, S. 17).

Das in den kanonisierten Schriften so formulierte Verbot von Götzenverehrung ist Ausdruck der Abgrenzung des Monotheismus gegenüber anderen Religionen, die auf diese Weise als unwahr bestimmt werden. Insofern kann jede monotheistische Religion auch als Gegenreligion aufgefasst werden. In ikonoklastischen Gewaltakten wiederholt sich die mosaische Unterscheidung zwischen wahrer

und falscher Religion, zwischen Gott und Götze. Das Bilderverbot verlangt ferner die Differenzierung zwischen Götze und Abbild, also die zwischen falschen Göttern als Götzen gegenüber dem einen wahren Gott und der Frage danach, ob und wenn ja, wie dieser eine wahre Gott vorgestellt, abgebildet und schließlich verehrt werden kann und darf.

Bilderreiches Christentum?

Wenn man Synagogen, Moscheen und Kirchen besucht, fällt auf, dass sich sehr unterschiedliche gottesdienstliche Praxen sowie Umgangsformen mit bildlichen Darstellungen in den jeweiligen Traditionen herausgebildet haben. Während Synagogen und Moscheen in der Regel eher bildlos sind, bzw. sich abstrakte Ornamentik oder Schriftkunst als Gestaltung durchgesetzt hat (s. Abb. 4), gilt das für die meisten Kirchen nicht. Nun könnte man fragen, ob das Christen-

1 Erhard Schön, »Klagrede der armen verfolgten Götzen und Tempelbilder«, Einblatt-holzschnitt, koloriert, um 1530, Schlossmuseum Gotha

¹ Die Zitate folgen der Elberfelder Bibel (revidierte Fassung) von 1992, das Koranzitat wurde von Rudi Paret übersetzt.



2 Ikone mit der Jungfrau und dem Kind, 1300–1350 entstanden in Konstantinopel. Tempera auf Holz mit Blattgold. Byzantinisches Museum Athen.

tum wegen des Glaubens an die Menschwerdung Gottes eine Sonderrolle einnimmt. Der Vorwurf der Götzenverehrung richtet sich in der Bibel explizit an die Heiden. Doch diese waren in späteren Auseinandersetzungen um Gottesbilder gar nicht beteiligt. Vielmehr ist zu beobachten, dass Bilderstürme sich meistens zwischen monotheistischen Religionen oder Konfessionen ereignen.

Ein Blick in die Geschichte des Bilderstreites im byzantinischen Reich (8./9. Jahrhundert) zeigt, dass der Streit um das Christusbild nicht zwischen Heiden und Christen oder zwischen Christen und Muslimen oder Juden und Christen ausgetragen wurde, vielmehr ging der Riss zwischen Ikonodulen (Bilderverehrer) und Ikonoklasten (Bilderzerstörer) mitten durch die christliche Gesellschaft. In der Reformationszeit gab es erneut Bilderstürme, durch die sich die reformatorischen Ideen materialisierten, indem Bildwerke aus den Kirchen entfernt, teils verkauft, beschlagnahmt oder ganz zerstört wurden. (vgl. Abb. 1) In neuerer Zeit wurde ikonoklastische Gewalt oft von radikalen Muslimen ausgeübt, die z.B. Bildwerke aus Kirchen in Syrien entfernten und zerstörten.

Seit wann wurden Bildnisse in christlichen Gebieten verwendet, wie wurde ihr Gebrauch gerechtfertigt, und worüber hat man sich in Byzanz im 8./9. Jahrhundert gestritten? Älteste Nachrichten von Bildern stammen aus gnosti-

schen Kreisen. Die Karpokratianer (oder Marcellianer) sollen in der Mitte des 2. Jahrhunderts neben Bildern von Pythagoras, Plato und Aristoteles auch Christusbilder verwendet haben. Von Mani, dem Stifter des nach ihm benannten Manichäismus (3. Jahrhundert) ist überliefert, dass er selbst auch Maler gewesen sei (Widengren 1960, S. 64). Gregor von Nyssa betonte z.B. im 4. Jahrhundert den emotionalen Effekt, den das Bild von der Opferung Isaaks bei ihm ausgelöst habe. Erst im 5. und 6. Jahrhundert scheint eine gewisse Scheu oder gar Abscheu vor Bildern als Inbegriff heidnischer Artefakte überwunden zu sein.

Bilder »nicht von Menschenhand gemacht«

Kultbilder entfalteten ihre Wirkung nicht etwa, weil sie ein berühmter Künstler gemalt hat, sondern weil man davon überzeugt war, dass sie das Original so getreu als möglich abbildeten. Besonders oft wird Maria mit dem Kind gezeigt. Es kamen Legenden auf, nach denen der Evangelist Lukas als direkter Zeuge sie gemalt habe. Das berühmte *Mandylion* nahm als Tuchbild mit dem »wahren Porträt« des lebendigen Christus einen besonders hohen Rang ein. Solche Bilder waren mit Verehrungspraktiken verknüpft, die u.a. auf magischen Vorstellungen beruhten, wie die Übertragung von Sakralität, Heilkraft und Wunderwirkung durch Berührung.

Ungefähr zur Zeit Justinians (527–565) tauchten *nicht von Menschenhand gemachte Bilder*, die *Acheiropoeta* auf (Bredenkamp 1975, S. 114). Es handelt sich um Bilder, die – wie der Name sagt – nicht von Menschenhand hergestellt wurden. Vielmehr glaubte man, sie seien plötzlich aus himmlischen Sphären herabgekommen. Damit war eines der wichtigsten Argumente widerlegt, mit dem Bilder als heidnisch klassifiziert und als menschliche Artefakte abgelehnt wurden. Mehr noch: Ein solches Bild zeigte nicht nur das Abgebildete, sondern bezeugte es geradezu. Es avancierte so zum Augenzeugen des Heilsgeschehens und ließ den Betrachter dann seinerseits zum Augenzeugen der Inkarnation werden.

Die enorme Bedeutung des Bildes beschränkte sich dabei keinesfalls auf den sakralen Raum, vielmehr nahm es auch im öffentlichen, politischen Raum einen gewichtigen Platz ein. Bilder eigneten sich für öffentliche Kundgebungen von Loyalität oder deren Verweigerung. Es wird überliefert, dass Bilder sprechen, gegen Angreifer kämpfen, verletzt werden können und bluten (Dobschütz 1899). In Byzanz galt die Hodegetria-Ikone als Beschützerin der Stadt. Sie führte Triumphzüge an und wurde regelmäßig durch die Kirchen, die Straßen und die Stadt getragen. Bilder fungierten als Artefakte mit Handlungsmacht – im Fachausdruck »agency« genannt –,

und als solch hochrangige Bedeutungsträger konnten sie wirkungsvoll in politischen bzw. kirchenpolitischen Machtkämpfen als Zeichen der Herrschaft – und also an ihrer Stelle – angegriffen, beseitigt, verletzt, verstellt, fragmentiert oder geraubt werden.

Christus statt Kaiser

Christliche Kaiser protegierten nicht nur die Bilder ihrer selbst auf den Reichsmünzen, sondern auch Christus- und Marienbilder, mit denen sie sich zeigten. Am Ende des 7. Jahrhunderts verdrängte das Christusbild sogar das Kaiserbild von der Vorderseite der Münzen. Damit wurde der *eine* Gott ebenso Bildthema, wie es bis dahin nur der *eine* Kaiser gewesen war. »Im Bild tritt jemand in Erscheinung. Eines Zeichens kann man sich bedienen und *mit* dem Zeichen in Erscheinung treten, nicht aber mit dem Bild, das schon Erscheinung ist. Wo Gott im Bild anwesend ist, kann ihn der Kaiser als Person nicht vertreten« (Belting 2004, S. 18 f.). Das Bilderthema war politisch derart aufgeladen, dass es mitten in die Auseinandersetzung konkurrierender Gruppen um Herrschaft und Einfluss geriet.

Kaiser Leo löst Bilderstreit aus

Kaiser Leo III. (~ 680–741) soll im Jahre 726 oder 730 wegen eines verheerenden Seebebens die goldene Christusikone auf dem Tor seines Palastes gegen das Kreuz eingetauscht haben. Dieser demonstrative Akt löste nicht nur Schrecken und Aufruhr unter der Bevölkerung aus, sondern auch den mehr als 100 Jahre andauernden byzantinischen Bilderstreit. Der Tausch des Bildes gegen das Zeichen verschaffte ihm das Image eines zweiten Mose, der die Götzen zerschlug, um das zweite Gebot zu erfüllen (Gero 1973, S. 128). Eine derartige Haltung eines christlichen Herrschers sticht in der Geschichte von Byzanz deutlich heraus.

Indes lassen sich zeitgleich starke anikonische Bewegungen innerhalb der nichtchristlichen Religionen des Nahen und Mittleren Ostens beobachten. In Palästina gab es neben den Bildtraditionen auch eine lebendige Tradition völliger Bildlosigkeit, die vom Islam weitestgehend fortgesetzt wurde. Die Umayyaden verwendeten vor allem symbolische Formen, um den Felsendom oder die große Moschee von Damaskus zu gestalten. Die Mosaikwände in Synagogen in Palästina und Syrien, die menschliche Figuren zeigten, waren bereits im 6. oder 7. Jahrhundert bewusst entfernt worden (Stemberger 2005).

Luzifer – Bildstifter oder Bilderstürmer?

Vor allem dem nächsten Kaiser Konstantin V. (741–775) wird zugeschrieben, dass er konsequent gegen Marien-, Heiligen- und Reliquien-

kulte vorging und Bilderverehrer mit Vermögenseinziehung, Verbannung, Marter und Tod gedroht habe, als wären sie Kriminelle (Theophanes 1964, S. 84–89). Ferner berief er 754 die Synode nach Hierera ein, um die ikonoklastische Lehre als verbindliche Lehre der Kirche anerkennen zu lassen. Die Ikonoklasten warfen den Ikonodulen Götzendienst vor: Indem sie den Erhöhten und Auferstandenen malen, würden sie den unsichtbaren Gott in Farben einfangen, ihn abbildbar und umschreibbar machen. Im Horos von Hierera heißt es, dass die bekämpfte Bildpraxis von Luzifer, dem Schwarzen, herkäme. Das einzig wahre Bild Christi könne nur das Abendmahl sein, weil er es selbst eingesetzt hat. Hierbei wird der griechische Begriff *typos* favorisiert, der nicht auf der Ähnlichkeit zwischen Bild und Abzubildenden basiert, sondern das Bild als Zeichen im Sinne von Repräsentation versteht. Kirchenpolitisch setzten sich indes die Befürworter des Bildes durch, die Synode von Hierera wurde 33 Jahre später als häretisch verworfen.

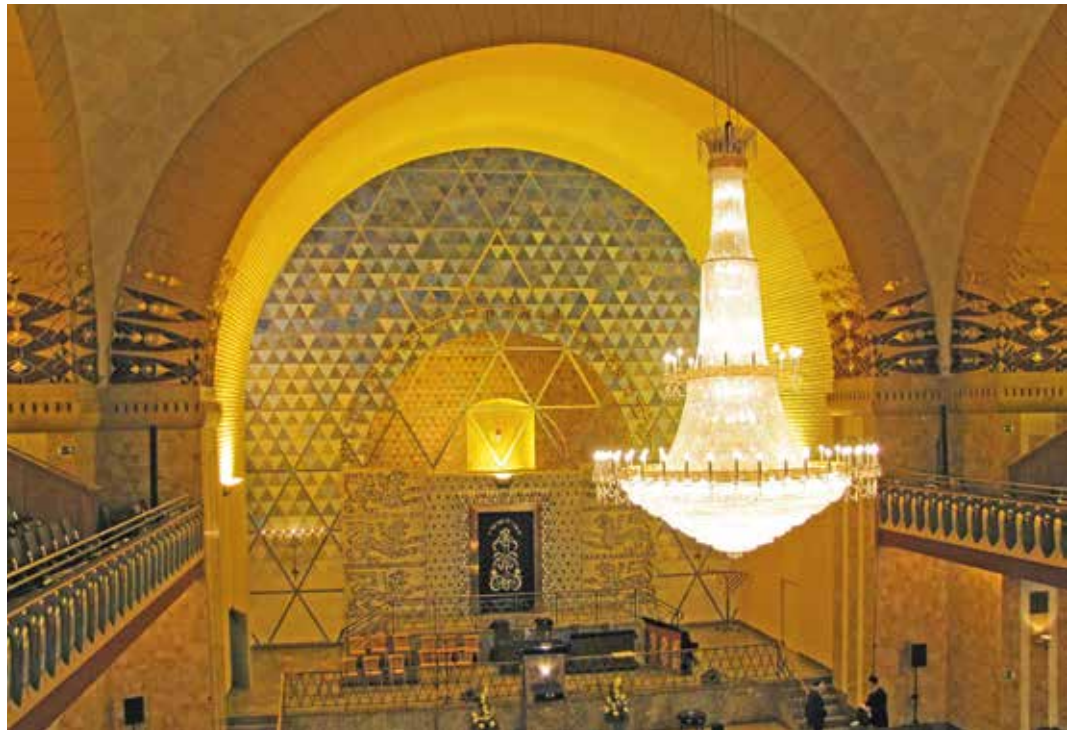
Die lange Periode der erbitterten innenpolitischen Kämpfe und Zerwürfnisse wurde nachträglich als dunkle Epoche stilisiert, Quellen und Erinnerungen getilgt. Auf diese Weise sollte

3 Eine Illumination im Chludov-Psalter zeigt Johannes VII. Grammatikos beim Auslöchen eines Christusbildes. Der Psalter befindet sich im Historischen Museum Moskau.



Literatur

- 1 Belting, Hans, Bild und Kult. Eine Geschichte des Bildes vor dem Zeitalter der Kunst, München 6. Auflage 2004.
- 2 Bredekamp, Hans, Kunst als Medium sozialer Konflikte. Bilderkämpfe von der Spätantike bis zur Hussitenrevolution, FfM 1975.
- 3 Dobschütz, Ernst von, Christusbilder. Untersuchungen zur christlichen Legende, Leipzig 1899.
- 4 Corrigan, Kathleen, Visual Polemics in the Ninth-Century Byzantine Psalter, Cambridge University Press 1992.
- 5 Florenskij, Pavel, Die Ikonostase. Urbild und Grenzerlebnis im revolutionären Rußland, Stuttgart 1988.
- 6 Gero, Stephen, Byzantine iconoclasm during the reign of Leo III. With particular Attention to the Oriental sources, Louvain 1973.
- 7 Johannes von Damaskus, Drei Verteidigungsschriften gegen diejenigen, welche die heiligen Bilder verwerfen, hg. und eingeleitet von Gerhard Feige übersetzt von Wolfgang Hradsky, Leipzig 1994.
- 8 Speck, Paul, Ich bin's nicht, Kaiser Konstantin ist es gewesen. Die Legenden vom Einfluß des Teufels, des Juden und des Moslems auf den Ikonoklasmus, Bonn 1990.
- 9 Stemberger, Günter, Juden und Christen im spätantiken Palästina (Vortrag gehalten anlässlich der Hans-Lietzmann-Vorlesung am 23.11.2005 im Leibnizsaal der Akademie der Wissenschaften zu Berlin).
- 10 Theophanes Confessor, Bilderstreit und Arabersturm in Byzanz. Das 8. Jahrhundert aus der Weltchronik des Theophanes, hg. von L. Breyer 2. Auflage Graz 1964.



4

jegliche Schuld am Ikonoklasmus aus dem inneren Gefüge Byzanz' weggeschoben, und äußere Gründe sollten dafür plausibel gemacht werden. Die Vertreter der bilderkritischen Partei wurden als böse unzivilisierte Häretiker gebrandmarkt, die vom Teufel, von Juden oder Muslimen dazu verführt wurden (Speck 1990).

Wirft man einen Blick in den illuminierten Chludov-Psalter aus dem 9. Jahrhundert, so finden sich in einem Text aus dem kirchlich-liturgischen Gebrauch überraschenderweise allerhand Karikaturen, die den Bilderstreit nachträglich auf sehr polemische Weise reflektieren. Ikonoklasten und Juden werden effektiv parallelisiert und diffamiert, gleichwohl Letztere mit dem Bilderstreit gar nichts zu tun hatten (Corrigan 1992, S.29–31). Es wirken dabei ähnliche Argumentationsfiguren wie in der Adversus-Judaeos-Literatur – also der Literatur, die christlicherseits polemisch gegen die Juden argumentierte, zum Beispiel, dass sie Schuld an Jesu Kreuztod haben, woraus oft immer wiederkehrende Stereotypen entstanden. Auf einer Illustration zu Psalm 69,22 sieht man Juden in typischer Kleidung an beiden Seiten des Kreuzes stehen (vgl. Abb. 3). Der wuschelige Mann im Vordergrund ist Johannes VII. Grammatikos, der letzte ikonoklastische Patriarch (837–843). Er zerstört eine Ikone, indem er sie abwäscht. Seine Tat wird durch die Bildkomposition mit der Kreuzigung ins Verhältnis gesetzt. Neben dem Mann, der eine Stange mit dem Schwamm an den Mund Christi hält, besagt eine Inschrift: *Diese [mischen] Galle und*

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Das Bilderverbot ist Ausdruck der Abgrenzung des Monotheismus gegenüber anderen Religionen, die auf diese Weise als unwahr bestimmt werden. In ikonoklastischen Gewaltakten wiederholt sich die mosaische Unterscheidung zwischen wahrer und falscher Religion, zwischen Gott und Götze.
- Der Bilderstreit fand jedoch in der Geschichte nicht immer zwischen verschiedenen Religionen statt, sondern konnte ebenso Ausdruck des Machtkampfes innerhalb ein und derselben Religion sein.
- Im Christentum hatte sich bis ins 8. Jahrhundert eine starke Bildkultur entwickelt, die sowohl im sakralen als auch im öffentlichen Raum von enormer Bedeutung war. Der oströmische Kaiser Leo III. löste um 730 den mehr als 100 Jahre währenden Bilderstreit aus. Sowohl die Bildgegner als auch die Bildbefürworter warfen der jeweils anderen Seite vor, mit dem Teufel im Bund zu sein.
- Der Streit um das Bildnis Gottes hat aber auch immer wieder fruchtbare Impulse gegeben, sich mit der Rolle des Bildnisses theologisch auseinanderzusetzen.



5

4 Das Innere der Westend-Synagoge in Frankfurt mit dem Thoraschrein ist auf ein ornamentales Dekor beschränkt.

5 Die Kirche Hagia Irene in Istanbul, ein einzigartiges Zeugnis ikonoklastischer Kunst. Ein schlichtes Kreuz ziert die Apsis anstelle von Ikonen und Mosaiken.

Wein, während in der unteren Gruppe zwei als Ikonoklasten bezeichnete Männer durch die Inschrift *Und diese mischen Wasser und Kalk auf seinem Gesicht* mit den Exekutoren Christi in Verbindung gebracht sind. Die Tötung Christi und die Zerstörung seines Bildes erscheinen wie *ein* Ereignis, wobei sich die beiden Christusse auch ikonografisch gleichen, so, wie es auch eine Identität zwischen den Behältern gibt, die Kelche sein könnten und den Eindruck vermitteln, dass sie entweder das Blut Christi oder die Substanz des Bildes in sich aufnehmen.

Bilder als »Erinnerungszündstoff«

Jenseits solcher Polemiken und Karikaturen hatte der Bilderstreit auf theologischer Ebene vielfach Impulse gegeben, über Bilder und Bildpraxis nachzudenken. Bereits zu Beginn des Streits hatte Johannes von Damaskus (~650–750) die Bilder verteidigt. Weil Gott in Christus Mensch wurde, sich im Fleisch zeigte, könne er auch durch Ikonen erkannt werden. Die Differenz zwischen Bild und Urbild aber sei entscheidend: »denn das eine ist das Bild und das andere das Abgebildete – denn man sieht auf jeden Fall einen Unterschied zwischen ihnen, da das eine nicht dieses und das andere nicht jenes ist.« (J. v. Damaskus 1994, III, 16, 6–8). Anbetung gebühre Gott allein, den Bildern aber solle man Ehre entgegenbringen, weil sie auf Gott verwiesen. Er bezeichnete die Ikone als Erinnerungszündstoff, da sie die Ereignisse und Taten Christi ganz unmittelbar vergegenwärtigt (J. v. Damaskus 1994, I, 22, 49f.). Seine Verteidigungsschriften lesen sich auch als Votum gegen die ikonoklastische Gewalt, die das Land damals erschütterte. Sie setzen auf die Vermittlung von Ähnlichkeiten und auf Übersetzbarkeit zwischen der Gesetzgebung des Mose und dem Christusereignis: Die Gesetzgebung Mose hat das Bild zwar verboten, aber das Christusereignis hat es erlaubt. Johannes von Damaskus hat damit den Blick für die Beziehungen zwischen hebräischer Bibel und Neuem Testament geöffnet. Einen solchen pluralisierenden, vermittelnden Effekt der Ikone betont auch der russische Religionsphilosoph Pavel Florenskij zu Beginn des 20. Jahrhunderts: (vgl. Abb. 2) »Wir erkennen in ihnen (den Ikonen C.W.) in Teilen und vereinzelt, was die antiken Kulturen entdeckt hatten: Züge des Zeus im Christus Pantokrator, Züge der Athene und der Isis in der Gottesmutter usw., [...]« (Florenskij 1988, S. 96). ●

gungsschriften lesen sich auch als Votum gegen die ikonoklastische Gewalt, die das Land damals erschütterte. Sie setzen auf die Vermittlung von Ähnlichkeiten und auf Übersetzbarkeit zwischen der Gesetzgebung des Mose und dem Christusereignis: Die Gesetzgebung Mose hat das Bild zwar verboten, aber das Christusereignis hat es erlaubt. Johannes von Damaskus hat damit den Blick für die Beziehungen zwischen hebräischer Bibel und Neuem Testament geöffnet. Einen solchen pluralisierenden, vermittelnden Effekt der Ikone betont auch der russische Religionsphilosoph Pavel Florenskij zu Beginn des 20. Jahrhunderts: (vgl. Abb. 2) »Wir erkennen in ihnen (den Ikonen C.W.) in Teilen und vereinzelt, was die antiken Kulturen entdeckt hatten: Züge des Zeus im Christus Pantokrator, Züge der Athene und der Isis in der Gottesmutter usw., [...]« (Florenskij 1988, S. 96). ●



Die Autorin

Prof. Dr. Catherina Wenzel (53) ist Professorin für Religionswissenschaft und Religionsgeschichte an der Goethe-Universität, sie leitet den Bachelor- und Master-Studiengang Religionswissenschaft. Hauptaspekte ihrer Forschungsarbeit: Religionsgeschichte Europas mit Schwerpunkt auf den Beziehungen zwischen Christentum und Islam, euro-asiatische Kulturkontakte, Religionsgeschichte Irans sowie Reiseberichte in der frühen Neuzeit als Medien des Wissenstransfers. Der vorliegende Beitrag entstand im Kontext des LOEWE-Schwerpunkts »Religiöse Positionierung: Modalitäten und Konstellationen in jüdischen, christlichen und islamische Kontexten« an der Goethe-Universität Frankfurt und der Justus-Liebig-Universität Gießen.

ca.wenzel@em.uni-frankfurt.de

IMPRESSUM

FORSCHUNG FRANKFURT
Das Wissenschaftsmagazin der Goethe-Universität



IMPRESSUM

Herausgeber Die Präsidentin der Goethe-Universität Frankfurt am Main
V.i.S.d.P. Dr. Olaf Kaltenborn, Leiter der Abteilung Marketing und Kommunikation
Theodor-W. Adorno-Platz 1, Campus Westend, PA-Gebäude, 60323 Frankfurt

Redaktion Dr. Anke Sauter, Referentin für Wissenschaftskommunikation
(Geistes- und Sozialwissenschaften), Telefon (069)798-13066, E-Mail: sauter@pww.uni-frankfurt.de
Dr. Anne Hardy, Referentin für Wissenschaftskommunikation
(Naturwissenschaften und Medizin), Telefon (069)798-12498, E-Mail: hardy@pww.uni-frankfurt.de
Dr. Dirk Frank, Pressereferent, Telefon (069)798-13733, E-Mail: frank@pww.uni-frankfurt.de

Grafisches Konzept und Layout Nina Ludwig, Kommunikationsdesignerin, M.A.,
Telefon (069)798-13819, E-Mail: ludwig@pww.uni-frankfurt.de

Satz Nina Ludwig, Goethe-Universität Frankfurt und Dagmar Jung-Zulauf Medienwerkstatt, Niddatal

Litho Peter Kiefer Mediendesign, Frankfurt

Bildrecherche Tobias Lang, Goethe-Universität Frankfurt

Lektorat Astrid Hainich, Bonn, und Ariane Stech, Meckenheim

Vertrieb Helga Ott, Theodor-W. Adorno-Platz 1, Campus Westend, PA-Gebäude,
Raum 4P.36A, 60323 Frankfurt, Telefon (069)798-12472, Telefax (069) 798-763-12531,
E-Mail: ott@pww.uni-frankfurt.de

Forschung Frankfurt im Internet www.forschung-frankfurt.de

Druck Societätsdruck, Westdeutsche Verlags- und Druckerei GmbH,
Kurfürstenstraße 4–6, 64546 Mörfelden-Walldorf

Bezugsbedingungen »Forschung Frankfurt« kann gegen eine jährliche Gebühr von 12 Euro
(Schüler und Studierende 8 Euro) abonniert werden. Das Einzelheft kostet 6 Euro (4 Euro ermäßigt).
Abonnement und Einzelverkauf siehe Vertrieb.

Für Mitglieder der Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main e.V. sind die Abonnementgebühren für »Forschung Frankfurt« im Mitgliedsbeitrag
enthalten.

Hinweis für Bezieher von »Forschung Frankfurt« (gem. Hess. Datenschutzgesetz): Für Vertrieb und
Abonnementverwaltung von »Forschung Frankfurt« werden die erforderlichen Daten der Bezieher in
einer automatisierten Datei gespeichert, die folgende Angaben enthält: Name, Vorname, Anschrift
und Bezugszeitraum. Die Daten werden nach Beendigung des Bezugs gelöscht.

Die Beiträge geben die Meinung der Autoren wieder. Der Nachdruck von Beiträgen ist nach
Absprache möglich.

ABBILDUNGSNACHWEIS

Titel Rahmen: MikhailSh, Shutterstock; Loading sign: memej, Sutterstock.

Aus der Redaktion Seite 1: Foto Peter Kiefer

Was Bilder bewirken Seite 4: Maxim Wakultschik, »Sharon«: mit freundlicher Genehmigung des Künstlers; Seite 6: Abb. 2 von dpa picture alliance, Abb. 3 von <http://www.thesmokinggun.com/mugshots/celebrity/music/frank-sinatra>; Seite 7: Bild aus dem Städel Museum Frankfurt; Seite 8: Abb. 5 von Titelbild der französischsprachigen Ausgabe »Le Portrait de Dorian Gray Oscar Wilde« (1992) mit einer Tuschezeichnung von Arnaud Courlet de Vregille, aus Wikimedia Commons, Abb. 6: Jürgen Lecher, Frankfurt; Seite 9: Autorinnenfoto von Uwe Dettmar, Frankfurt; Seite 10: Foto von Jürgen Lecher; Seite 12: Fotos aus der SCEGRAM Datenbank, Arbeitskreis Melissa Vo; Seite 13: Porträtfoto von Dettmar; Seite 14: Fotos von Lecher; Seite 15: Abb. 4 links Screenshot einer Virtual Reality Umgebung, AK Vö, Abb. 4 rechts von Jürgen Lecher, Autorinnenfoto: privat; Seiten 16 bis 19: alle Illustrationen von Thomas Pläßmann; Seite 19: Autorenfoto von Christiane Birr; Seite 20f.: Buchseite und -titel aus dem Kinderbuch »Alle Welt« mit freundlicher Genehmigung des Moritz-Verlages Frankfurt; Seite 22: Foto von © ARD/Thorsten Jander (M, D, Thol, WDR); Seite 23: Bild aus dem Städel Museum Frankfurt; Seite 24: Abb. 4 von dpa picture alliance, Abb. 5 von fotolia, Autorinnenfoto von Uwe Dettmar; Seite 25: Bild von AK Krause, Autorinnenfotos: privat.

Bilder aus der Zelle Seite 26/28: Bilder von Ella Marushchenko, www.scientific-illustrations.com; Seite 28: Porträtfoto von privat; Seite 29: mikroskopische Aufnahme von Heilemann/Dikic; Seite 30: Autorinnenfoto von privat; Seite 31: Bild von Bhogaraju, Autorenfoto: privat; Seite 32: Bild von AK Dötsch;

Seite 33/34: Fotos von Lecher; Seite 35: Bild von AK Müller-McNicoll; Seite 36: Fotos von Lecher; Seite 37: Bilder von AK Hänel, Autorinnenfoto von privat; Seite 38 bis 40: Bilder von AK Bereiter-Hahn, Seite 40: Porträtfoto von Jan Jacob Hofmann; Seite 42/43: Foto von Dettmar.

Bilder erzählen Geschichten Seiten 44 bis 47: Fotos aus Dorle Weyers, Christoph Köck & Stefan Baumeier (Hrsg.): Die Eroberung der Welt: Sammelbilder vermitteln Zeitbilder. Detmold: 1992, Seite 58 bis 60; Seite 48: Abb. 4 von ak images, Abb. 5 von Bildarchiv Preußischer Kulturbesitz, Berlin; Seite 49: Foto von Peter Kiefer, Porträtfoto von Uwe Dettmar; Seite 50: Foto von Uwe Dettmar; Seite 52: Abb. 1 aus dem Städel Museum Frankfurt, Abb. 2 VG Bild-Kunst, Bonn; Seite 53: Bild aus dem Städel Museum Frankfurt; Seite 54: Porträtfoto von Uwe Dettmar; Seite 55: Abb. 5 aus dem Städel Museum Frankfurt, Autorenfoto von Uwe Dettmar; Seite 56: Foto von Tom Stern; Seite 57 bis 61: alle Bilder Frobenius-Institut, außer Seite 60: Abb. 6 von ak images/Willi Baumeister, Archiv Baumeister, VG Bild-Kunst, Autorinnenbild von Uwe Dettmar; Seite 67: Porträtfoto von Uwe Dettmar; Seite 68: Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung; Seite 69: Abb. 4 von Cameron McMaster; Seite 71: hochauflösender Scan von Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung; Seite 72: Röntgenbild von Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, CT-Bild von Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung 0-101-11; Seite 73: beide Fotos von Uwe Dettmar.

Ohne Computer kein Bild Seite 74: Foto von A. Saba, CERN; Seite 75: Foto von Maximilien Brice; Seite 76: Plot der ALICE Collaboration, CERN aus Phys. Lett. B696 (2011) 30-39#, Porträtfoto: Goethe-Universität; Seite 77: Skizze von Appelhäuser; Seite 78: Foto von Serge Dailler, CERN, Autorinnenfoto von Uwe Dettmar; Seite 79: Foto der Firma Pulmovista; Seite 80: Foto aus Gesammelte Abhandlungen von Johann Radon, herausgegeben von der Österr. Akad. d. Wiss. Unter Mitw. von Peter Manfred Gruber – Wien: Österr. Akad. d. Wiss.; Basel: Birkhäuser, Band 2 (1987); Seite 81: Autorenfoto von privat; Seite 82 bis 85: alle Illustrationen von Christian Münch; Seite 86: Autorenfoto von privat; Seite 87: Bild von AK Zarnack, Autorinnenfoto von privat.

Bilder aus dem Körper Seite 88/89: Hessen schafft Wissen/Jan Michael Hosan; Seite 90: MRT aus dem Brain Imaging Center; Seite 90 und 91: Fotos von Andrea Gerber; Seite 92: Foto aus DOI: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1529-14.2015>, Autorinnenfoto von privat; Seite 93: Bild von AK Grninger, Gruppenfoto von Dettmar; Seite 94/95: Fotos von PD Dr. Puntmann, Universitätsklinikum Frankfurt, Porträtfoto von privat; Seite 97: Foto von Dr. Wichmann, Universitätsklinikum Frankfurt, Autorinnenfoto von privat; Seite 98: Foto von Dettmar, Seiten 99/100: Fotos der Medizinischen Klinik 1, Universitätsklinikum Frankfurt.

Das umstrittene Bild Seite 102 bis 105: Bildidee von Ludwig/Kiefer, Autorenfoto von Uwe Dettmar; Seite 106 bis 107: Bild von ak images; Seite 108: © Hellenic Ministry of Culture and Sports/Byzantine and Christian Museum, Athens, Inventarnummer BXM 1354; Seite 109: Foto von <http://rijksmuseumamsterdam.blogspot.de/2012/09/anonymous-chludov-psalter-9th-century.html#1/2012/09/anonymous-chludov-psalter-9th-century.html>; Seite 110: Foto von <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Westend-synagoge-innen-2010-ffm-273.jpg>; Seite 111: Autorenfoto von Uwe Dettmar.

Vorschau Seite 113: Foto von Universitätsarchiv Frankfurt.

Wir haben uns bemüht, die Urheber- und Nutzungsrechte für die Abbildungen zu ermitteln und deren Veröffentlichungsgenehmigung einzuholen. Falls dies in einzelnen Fällen nicht gelungen sein sollte, bitten wir die Inhaber der Rechte, sich an die Goethe-Universität, Abteilung PR und Kommunikation, zu wenden. Berechtigte Ansprüche werden selbstverständlich abgeboten.



DAS NÄCHSTE MAL



KARL MARX
UNIVERSITÄT

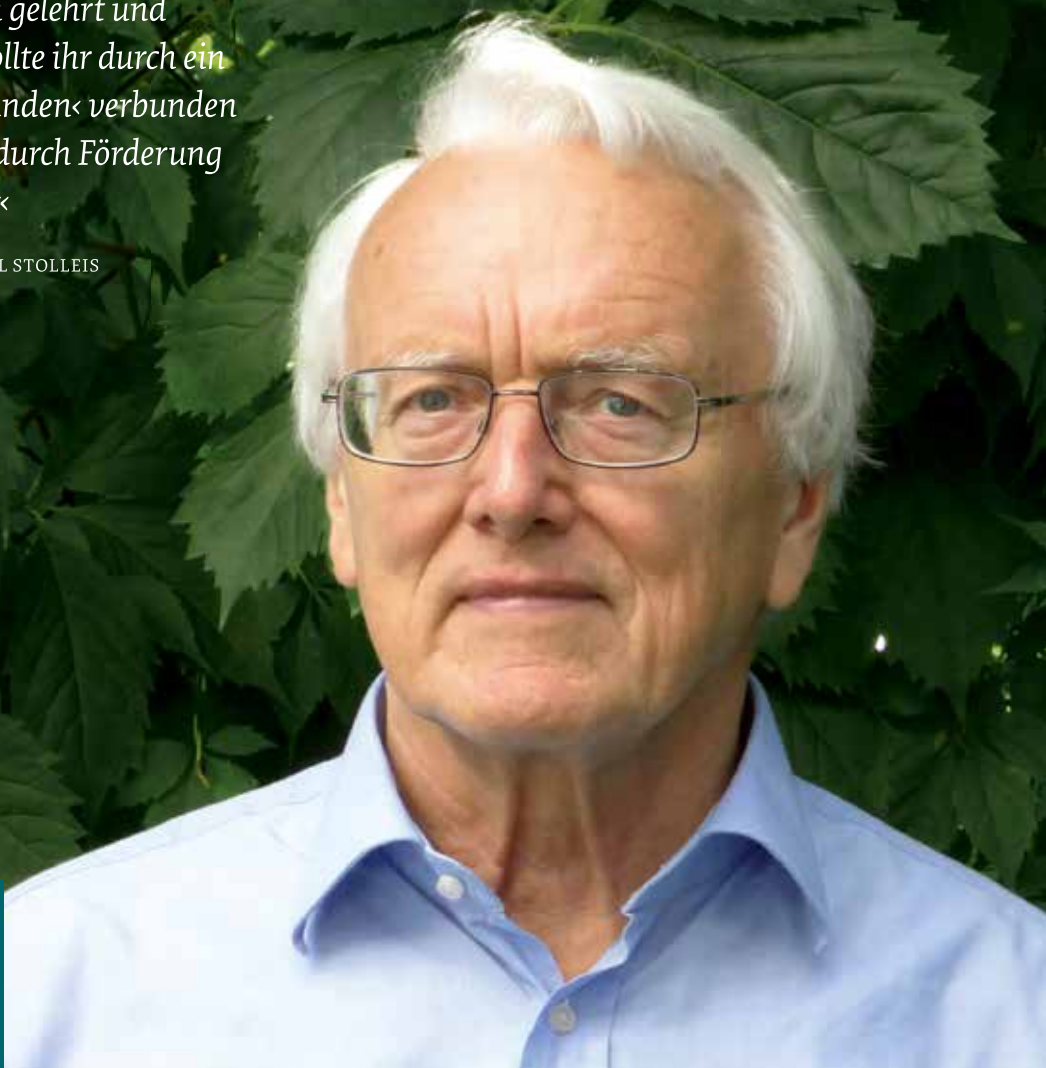
1968 – JAHR DES UMBRUCHS

Selten waren zwölf Monate so angefüllt mit Ereignissen: Im April wird Martin Luther King ermordet, im Juni US-Senator Robert Kennedy. Im August beenden russische Panzer den »Prager Frühling«. In Vietnam eskaliert der Krieg, in Biafra gibt es eine Hungerkatastrophe. Kurz nach Weihnachten endet die erste bemannte Mondmission. Und doch steht »1968« vor allem für eines – die Studentenbewegung. Während Heintjes Lied »Mama« die deutschen Hitparaden erobert, formiert sich an den Hochschulen der Widerstand gegen das Establishment – gegen »Bild«, den Vietnamkrieg und die Notstandsgesetze. Streiks, Teach-ins und Straßenkämpfe sind an der Tagesordnung. Neben Berlin war Frankfurt ein Zentrum der Revolte, viele der Protagonisten studierten an der Goethe-Universität. Wir fragen im nächsten Heft: Was genau ist damals geschehen? Wie haben »die 68er« die Gesellschaft verändert, wie die Universität mit ihren Fächerkulturen? Was haben heutige Protestbewegungen mit der damaligen Bewegung gemeinsam, was unterscheidet sie?

Erscheinungstermin: Mai 2018

»Wer viele Jahre an der Goethe-Universität unter besten Bedingungen gelehrt und geforscht hat, kann und sollte ihr durch ein Engagement bei den »Freunden« verbunden bleiben. Es ist ein Dank – durch Förderung der nächsten Generation.«

PROF. EM. DR. DR. H.C. MULT. MICHAEL STOLLEIS
MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR
EUROPÄISCHE RECHTSGESCHICHTE



FREUNDE
DER UNIVERSITÄT

Machen Sie mit. Werden Sie ein Freund!

Werden Sie Mitglied bei den Freunden und unterstützen Sie mit uns Forschung und Lehre an der Goethe-Universität.

NAME, VORNAME

STRASSE, PLZ, ORT, STAAT

Beitrittserklärung

Ich möchte Mitglied werden und die Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main e. V. unterstützen

- als Freund: Jahresbeitrag ab 70 Euro
 als Förderer: Jahresbeitrag ab 200 Euro
 als Donator: Jahresbeitrag ab 500 Euro
 als Firmenmitglied: Jahresbeitrag ab 500 Euro

Einzugsermächtigung

Bitte buchen Sie den Jahresbeitrag von meinem Konto ab.

KONTOINHABER

IBAN

BANKINSTITUT

DATUM, UNTERSCHRIFT

Die Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main e. V. ist als gemeinnütziger Verein anerkannt. Spenden und Mitgliedsbeiträge sind steuerlich in vollem Umfang absetzbar. Mit meiner Unterschrift stimme ich der Speicherung meiner Angaben in einer nur zu Vereinszwecken geführten computergestützten Datei zu.

VEREINIGUNG VON FREUNDEN UND FÖRDERERN DER JOHANN WOLFGANG GOETHE-UNIVERSITÄT FRANKFURT AM MAIN E.V.

Goethe-Universität Frankfurt, Theodor-W.-Adorno-Platz 1, Gebäude PA, 60323 Frankfurt, Telefon (069) 798-17237, E-Mail: freunde@vff.uni-frankfurt.de, www.vff.uni-frankfurt.de
Bankverbindung: Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main e. V., Deutsche Bank AG, IBAN DE76500700100700080500