



KULTUR UND TECHNIK



Editorial

Liebe Leserinnen und Leser,

ein Ereignis zum Thema Kultur und Technik aus den Anfängen der Universität Stuttgart: Ein mit dem Prädikatsexamen „sehr befähigt“ versehener junger Ingenieur tritt 1902 auf Vermittlung seines Vaters, eines Lehrstuhlinhabers für Maschinenbau in Brunn, eine Praktikantenstelle im funkelneuen Maschinenlaboratorium der TH Stuttgart an. Eigentlich eine Auszeichnung, denn der weithin bekannte Stuttgarter Maschinenbauprofessor Carl von Bach hatte hier die Technik als Wissenschaft begründet, die unter Laborbedingungen ihre Materialien und Methoden prüfen kann. Der junge Ingenieur Robert Musil äußerte sich dennoch später als geachteter Autor des „Mann ohne Eigenschaften“ nur sehr distanziert über seine damaligen Ingenieurkollegen, die, „mit ihren Reißbrettern fest verbunden“, nicht in der Lage seien, „die Kühnheit ihrer Gedanken statt auf ihre Maschinen auf sich selbst anzuwenden.“ Der Schriftsteller Musil andererseits unterzieht in seinen Werken die dichterische Sprache und das menschliche Verhalten selber quasi einem wissenschaftlichen Experiment, immer bemüht um höchste Präzision bei Beobachtung und Beschreibung und gerichtet auf Findung des Möglichen im Wirklichen.

Diese Anekdote, in der Literaturwissenschaft gut dokumentiert, ist bestenfalls Fußnote unseres aktuellen THEMENHEFTS FORSCHUNG, das nach drei Ausgaben mit naturwissenschaftlich-technischen Schwerpunkten nun versucht, das große Rad „Kultur und Technik“ einige Mikrometer weiter zu drehen. Geistes- und Sozialwissenschaften und Natur- und Ingenieurwissenschaften laufen eben nicht gegeneinander wie die inzwischen fast zur Floskel gesunkene These von den zwei Kulturen suggeriert, sondern sitzen, um im Bilde zu bleiben, auf derselben Felge. Wenn unser Heft hier auch nur ein wenig zum gegenseitigen Verständnis beitragen kann, hat sich die Mühe der Autoren schon gelohnt.

In der nächsten Ausgabe wendet sich das Themenheft wieder den Naturwissenschaften zu und einer Materie, von deren Eigenschaften wir noch wenig wissen, und die wir daher mit musilschem Interesse verfolgen – die Quantenmaterie. •



Ulrich Engler

Impressum

Das THEMENHEFT FORSCHUNG wird herausgegeben im Auftrag des Rektorats der Universität Stuttgart.

Konzeption und Koordination „Themenheft Forschung“: Ulrich Engler, Tel. 0711/685-8 2205, E-Mail: ulrich.engler@verwaltung.uni-stuttgart.de

Wissenschaftliche Koordinatoren „Kultur und Technik“: Georg Maag, Elke Uhl

Autoren „Kultur und Technik“: Elisabeth André, Renate Brosch, Gerd de Bruyn, Klaus Hentschel, Christoph Hubig, Ulrich Keller, Georg Maag, Werner Nachtigall, Ortwin Renn, Eckhart Ribbeck

Titelseite und Grundlayout Themenheft Forschung: Zimmermann Visuelle Kommunikation, Gutenbergstraße 94 A, 70197 Stuttgart

Druck und Anzeigenverwaltung: Alpha Informationsgesellschaft mbH, Finkenstraße 10, 68623 Lampertheim, Tel. 06206/939-0, Fax 06206/939-232, Internet: <http://www.alphapublic.de> Verkaufsleitung: Peter Asel

© Universität Stuttgart 2008

ISSN 1861-0269

Geleitwort des Rektors

Kultur- und Technik-Forschung ist eines der ausgewiesenen Kompetenzfelder im Forschungsprofil der Universität Stuttgart. Die bewusste Orientierung auf zentrale Zukunftsthemen kann immer nur in gemeinsamer Anstrengung von ingenieur-, natur- und geisteswissenschaftlichen Disziplinen an unserer Universität erfolgen. Deshalb hat die Universität Stuttgart ihre Forschung in jüngster Zeit neu profiliert, um eine moderne und leistungsfähige Struktur durch interdisziplinäre Forschungs- und Transferzentren sowie interfakultative Kollegs als Basis für neue Fakultätsstrukturen zu schaffen.

Die Geistes- und Sozialwissenschaften kommen durch diese horizontalen Strukturen der Wissenschaftsorganisation strukturell noch enger in Kontakt mit den übrigen Fachkulturen als dies bisher schon der Fall war. In einer technisch-naturwissenschaftlich geprägten Forschungsuniversität erwächst daraus eine besondere Verantwortung. Die Reflexion auf die kulturellen Grundlagen der Technik und die technischen Grundlagen der Kultur fördert nicht nur das gegenseitige Verständnis, sondern schärft auch den Blick für die ethischen Dimensionen in Technik und Kultur.

Die Institution Universität verändert sich mit den Wandlungen der Wissenschaft. Der wissenschaftsgeschichtlichen Aufwertung der Technik und der Ingenieurwissenschaft im 19. Jahrhundert folgte mit gleicher Geschwindigkeit der institutionengeschichtliche Aufstieg der polytechnischen Schulen zu forschenden technischen Hochschulen mit Promotionsrecht und dem Anspruch auf Gleichstellung mit den Universitäten. Die Wissenschaftsentwicklung erfordert zu allen Zeiten eine angepasste Struktur der Wissenschaftseinrichtungen.

Die sichtbar gewordene besondere Bedeutung der Geistes- und Sozialwissenschaften für das Verständnis und die Beurteilung technischer Innovationen hat die Universität Stuttgart durch die Gründung des Internationalen Zentrums für Kultur- und Technikforschung (IZKT) aufgegriffen und umgesetzt. Die Reflexion auf das Verhältnis zur Technik erschöpft sicherlich nicht die Rolle der Geistes- und Sozialwissenschaften, aber sie ist ihnen auch nicht äußerlich oder vorgegeben.

Es war daher naheliegend, in unserem **THEMENHEFT FORSCHUNG** einige der modernen transdisziplinären Aspekte des zugegebenermaßen weitgesteckten Themas „Kultur und Technik“ zumindest in Ansätzen vorzustellen.

Die wissenschaftlichen Koordinatoren des Heftes haben es geschafft, hierzu ein spannendes und lesenswertes Kompendium für die öffentliche Darstellung der kulturellen Faktoren in der Technik und der technischen Bedingungen der Kultur vorzulegen. Allen Autoren dieses Themenheftes möchte ich meine Anerkennung aussprechen für ihren Beitrag zur Daueraufgabe des „Public Understanding of Science“. Besonderer Dank gilt jedoch dem Kollegen Georg Maag, der nicht nur die wissenschaftliche Koordination für dieses Heft übernommen hat, sondern auch maßgeblich die Einrichtung des Internationalen Zentrums für Kultur- und Technikforschung an der Universität Stuttgart mit vorangetrieben hat.



Prof. Dr.-Ing. Wolfram Ressel

Zur Einleitung



ÜBERBRÜCKTE KONTINENTE © Max Ackermann, 1954.

Mit freundlicher Genehmigung: Max Ackermann Archiv, Bietigheim-Bissingen

„Es ist ein entscheidender Unterschied, ob wir das Gegebene als das Unausweichliche **hinzunehmen** haben oder ob wir es als den Kern von Evidenz im Spielraum der unendlichen Möglichkeit wiederfinden und in freier Einwilligung **anerkennen** können.“¹ Mit dieser Formel brachte der Philosoph Hans Blumenberg in einem 1956 gehaltenen Vortrag auf den Punkt, worin des Wesen des modernen Menschen besteht: In unserer Arbeit denken wir als moderne Menschen den Ist-Zustand stets nur als Ausgangsbasis neuer Möglichkeiten. Dieser Blick auf die Welt verbindet jene, die an technischen Innovationen arbeiten, mit den Geisteswissenschaftlern, die Möglichkeitsräume anderer Art erkunden. Die Ergebnisse dieser Arbeit stellen dann jenen neuen Ist-Zustand her, der wiederum einen Ausgangspunkt für weitere Innovationen bildet.

Vor diesem Hintergrund ist es evident, dass technische Innovationen nicht nur unser Alltagsleben, sondern auch unsere Kultur und unser Denken verändern und zugleich unser Umgang mit der Technik kulturell geprägt bleibt. Technik ist nicht einfach der Gegenbegriff von Kultur, sondern selbst Ausdruck der jeweiligen Kultur. Weit mehr als nur ein Mittel für bestimmte Zwecke zu sein, macht Technik sichtbar, lesbar, erfahrbar, eröffnet kulturelle Horizonte. Als Medium unserer Welterschließung geht sie daher nicht in ihrer apparathaften Gegebenheit auf. Sie verändert kulturelle Konfigurationen und ist Bestandteil sozio-kultureller Aneignung. Während jedoch in unserem Alltag Kultur und Technik untrennbar verwoben sind, spezialisieren sich die Wissenschaften, die über diese Gegenstände forschen, immer weiter aus. Dies führt zu der paradoxen Situation, dass wir einerseits die Verwebung erleben, diese andererseits aber durch die disziplinäre Aufteilung der Forschung meist nicht oder doch ungenügend thematisieren.

Als Charles Percy Snow die These entwickelte, die „zwei Kulturen“ von Geisteswissenschaften einerseits und Technik- und Naturwissenschaften andererseits würden durch

einen immer tiefer werdenden Graben getrennt, war zugleich ein Projekt formuliert: Das Projekt des Brückenbaus. Diesen Brückenbau hat die Universität Stuttgart in zahlreichen Initiativen, nicht zuletzt mit der Gründung des Internationalen

Künstlerisch wird dieses Verhältnis, indem es sich vom Paradigma der „Nachahmung der Natur“, der Mimesis, löst. Der antike Künstler wurde verstanden als ein Meister der Nachahmung; er zeigt, wie die Natur selbst es macht. Der Mensch der Renais-

© 00982984 ullstein bild – Alinari Archives



01 LEONARDO DA VINCI (1452–1519)

© 30032326 ullstein bild – The Granger Collection



02 BLAISE PASCAL (1623–1662)

Zentrums für Kultur- und Technikforschung zu leisten versucht. Die Metapher des Brückenbaus beinhaltet bezeichnenderweise jene Verflechtung von Kultur und Technik, die wir in diesem THEMENHEFT FORSCHUNG zum Gegenstand gemacht haben. „Brückenbau“ im weitesten Sinne ist das Projekt der Moderne. Der Mensch des Mittelalters blickt in den Abgrund hinab oder wendet seinen Blick in die entgegen gesetzte Richtung, nach oben, in die Höhen der unerreichen Transzendenz. Der moderne Mensch sieht den Abgrund und entwirft vor dem geistigen Auge bereits die Brücke. Paul Valéry hat in diesem Zusammenhang einmal Blaise Pascal und Leonardo da Vinci verglichen: Der Künstleringenieur da Vinci wird dabei zum Paradigma eines modernen Verhältnisses zu Welt. Dieses Verhältnis ist technisch – aber eben auch künstlerisch.

sance sieht sich zum ersten Mal als Schöpfer neuer Welten, als „anderer Gott“ (*alter deus*), der wirklich Neues erschaffen kann. Erst diese Loslösung vom Paradigma der Nachahmung macht die unglaublichen Erfolge moderner Wissenschaft und Technik möglich. Das augenfälligste Beispiel hierfür ist die Flugzeugtechnik, die scheitern musste, so lange man den Vogelflug zu imitieren versuchte. Der Unterschied zwischen dem Flugexperimentator Lilienthal und dem Flugzeugerfinder Wright besteht eben darin: Erst als man sich von der alten Traumvorstellung der Nachahmung des Vogelflugs löste und den in der Natur nicht vorkommenden Propeller zu benutzen wagte, war der Durchbruch möglich. Dieses von Hans Blumenberg in der genannten Arbeit angeführte Beispiel zeigt, wie wirksam kulturelle Prägungen für die technisch-wissenschaftliche Arbeit sind. Doch auch die entgegengesetzte Wirkungs-

Beide Universalgelehrte und Erfinder von Maschinen stehen für unterschiedliche Weltbilder, die den Umgang mit Technik prägen. Während Leonardos Blick auf die Natur von den „Freuden der Konstruktion“ (P. Valéry) getragen wird, Erkenntnis wie Kunst gleichermaßen umfassend, sieht Pascals Frömmigkeit vor allem in den Abgrund der Natur.

¹ Hans Blumenberg, *Nachahmung der Natur. Zur Vorgeschichte der Idee des schöpferischen Menschen*, in: *Studium Generale* 10 (1957), S. 283

kette lässt sich problemlos nachweisen. Technische Artefakte sind nicht nur Instrumente, die wir beliebig benutzen können, ohne uns von ihnen in unserem

kulturelle Fähigkeit des Menschen sehen, der auf den Abgrund blickt – und die Brücke sieht: Das Mögliche im Faktischen erkennen.



03

LILIENTHAL

Karl Wilhelm Otto Lilienthal (li.), ein Pionier der Flugzeugentwicklung, kam 1896 beim Absturz eines seiner Flugapparate ums Leben. Die Gebrüder Wright (re.) verhalfen dem Motorflug zum Durchbruch (1903).



WRIGHT

04

Denken und Handeln beeinflussen zu lassen. Wie sehr sich durch die moderne medizinische Diagnostik unser Körpergefühl geändert hat, kann man nur durch Vergleiche mit jenen Kulturen ermessen, in denen nicht jeder Körper schon einmal durch Ultraschall, Röntgen- oder gar Kernspintomographen zum transparenten Objekt gemacht wurde. Der orthorektische Bürger der technischen Gesellschaft sieht keine Äpfel mehr, sondern Vitamine mit Ballaststoffen.

Man muss den Begriff der „Kultur“ jedoch nicht im Alltagsleben aufgehen lassen, will man die Tiefendimension dieses Wechselverhältnisses in den Blick bekommen. Auch und gerade die Hochkultur hatte und hat eine technische Seite, wird möglich durch Technik, verweist auf diese zurück, begleitet ihre Glorie und Tragik. Sie treibt Entwicklungen an, indem sie für unmöglich Gehaltene zumindest denkbar macht. Träume und Phantasien, Mythen und Utopien sind ein Movens technischer Entwicklungen. Wie im Falle von Jules Vernes Mondfahrt muss das Denkbare dann noch machbar werden, um den literarischen Traum Wirklichkeit werden zu lassen.

Diese Bemerkungen sollen zeigen, dass sich dem Auseinanderklaffen der „zwei Kulturen“ dort entgegen arbeiten lässt, wo der Mensch, in welcher der beiden Kulturen auch immer, *kreativ* ist. Denn gerade darin kann man die sowohl technische als auch

Das unüberschaubare Feld dieser Schnittmengen und Wechselwirkungen lässt sich in diesem Themenheft nicht umfassend abbilden. Allein das Spektrum dessen, was unter Kultur zu verstehen ist, erscheint vielfältig. Es reicht von anthropologisch orientierten Ansätzen, für die Kultur die Gesamtheit einer Lebensweise darstellt, über semiotisch-strukturalistische Konzepte, die Kultur in Analogie zur Sprache als ein spezifisches Zeichensystem oder als Text fassen, bis hin zu symbol- und medientheoretischen Positionen, wo Kultur als Gewebe von Bedeutungs- und Sinnstrukturen in ihrer welterschließenden Potenz thematisiert wird. Praxologische Zugänge schließlich wollen Kultur nicht so sehr als konsistentes Gebilde, sondern als Aushandlungsfeld von Akteuren verstehen. Angesichts dieser verwirrenden Vielfalt verweist man gern darauf, dass bereits 1952 Kroeber und Kluckhohn 160 Definitionsversuche von Kultur zusammengestellt haben. Auf einen gesicherten, kanonisierten, gar klar definierten Gegenstandsbereich kann sich die Kulturwissenschaft also nicht stützen. Sie kann es freilich aus ihr immanenten Gründen nicht. Erschwerend kommt hinzu, dass gegenläufig zu den großen semantischen Bewegungen der „Sattelzeit“, in der Kollektivsingulare wie z.B. „die“ Geschichte gebildet wurden, nicht nur von „der“ Kultur, sondern von Kulturen im Plural die Rede sein kann, auch als Ausdruck ver-

schiedener Lebensformen innerhalb einer Gesellschaft. Ähnliches gilt für den Begriff der Technik. Er bezieht sich nicht allein auf Werkzeuge, Geräte, Apparaturen, Technologien oder technische Großsysteme, also auf das, was man „Realtechnik“ nennt, sondern schließt die Bedeutung von Intellektual- und Sozialtechnik ein (ausführlich hierzu der Beitrag von Christoph Hubig). Der Technikbegriff bündelt Artefakte, soziale Regulative und kulturelle Dispositive.

Das vorliegende Themenheft muss sich mithin auf einen Ausschnitt konzentrieren, der freilich nicht nur für die Forschungsfelder der Universität Stuttgart, sondern zugleich für drei Forschungstrends der Gegenwart repräsentativ ist:

1. die Erforschung des kulturell geprägten Umgangs mit Technik,
2. die Hinwendung zu neuen Modellen des Verhältnisses von Natur und Technik,
3. die Zusammenführung von Kultur- und Technikforschung in der Bildwissenschaft.

- Unser Umgang mit Technik, ihre Erfindung, Nutzung, Umnutzung, Akzeptanz und Bewertung ist eingelassen in Deutungs- und Interpretationsprozesse, die selbst zum Gegenstand einer Zusammenführung von Kultur- und Technikforschung geworden sind. Dass dieses Unternehmen einer begrifflichen Selbstreflexion bedarf, zeigt der Beitrag von *Christoph Hubig*. Gerade der Ballast traditioneller Kultur- und Technikdeutungen vermag die neuen Verflechtungen von kultureller und technischer Produktion nicht mehr angemessen zu erfassen. Mit den Methoden der empirischen Sozialforschung geht *Ortwin Renn* der Frage nach, woran es liegt, dass manche Gesellschaften oder bestimmte soziale Gruppen gewisse Techniken selbstverständlich hinnehmen und andere diese ablehnen. Einem anderen Aspekt der kulturellen Prägung unseres Umgangs mit Technik widmet sich die Informatikerin *Elisabeth André* am Beispiel der in Computerspielen agierenden „virtuellen Charaktere“. Neuere Forschungsprojekte beschäftigen sich mit der technischen Modellierung kulturellen Verhaltens solch „imaginärer“ Figuren.
- Wurde die moderne Technik bis vor einiger Zeit vor allem in ihrer Differenz zur Natur gesehen, hat sich mit der Entstehung der Bionik die Perspektive mittlerweile dezidiert umgekehrt: Die

Natur gilt nunmehr als eine bis heute unerreichte „Hochtechnologie“ und als Vorbild für technische Innovationen. Die Zurücknahme des Paradigmas der „Naturbeherrschung“ zugunsten einer erneuten Orientierung an der Natur ist freilich keine bloße Wiederkehr eines vor-modernen Naturverhältnisses. Das Lernen von der Natur, um zu einer systemerhaltenden, die Zukunftsprobleme der Menschheit lösenden Vernetzung von Mensch, Umwelt und Technik beizutragen, für das sich der Pionier der Bionik in Deutschland, *Werner Nachtigall*, nachdrücklich einsetzt, bedeutet nicht Verzicht auf die eigenständige und kreative Ingenieurstätigkeit. Denn, so *Nachtigall*, „die Natur liefert keine Blaupausen. Abstrahieren und technisch angemessen umsetzen kann man nur *Naturprinzipien*“, und zwar Konstruktions-, Verfahrens- und Entwicklungsprinzipien der Natur, die man um so besser versteht, wenn zwischen den biologischen und technischen Disziplinen ein wechselseitiger Wissenstransfer erfolgt.

Einen Schritt weiter geht die unter Leitung von *Gerd de Bruyn* entwickelte Baubotanik, insofern sie ein Interaktionsverhältnis zwischen natürlichem Wachstum und technischem Eingriff initiiert. Die gewohnte Trennung zwischen autonomen Prozessen der Natur und den technisch hergestellten Artefakten wird zugunsten der Symbiose eines „lebenden Hauses“ aufgegeben. Vitalitäts- und Zeitaspekte spielen dann eine ganz andere Rolle als in der sich an Funktionalität, Tektonik und Stabilität orientierenden Architektur. Auch dieses Beispiel zeigt ein verändertes Verhältnis von Technik, Kultur und Natur an, dessen Konsequenzen noch gar nicht absehbar sind. Ganz anders stellt sich die Frage nach der Zukunft des Bauens, Wohnens und der Stadtentwicklung, wenn man, wie *Eckhart Ribbeck*, den Blick auf die enormen technischen, sozialen, kulturellen, aber auch ökologischen Herausforderungen lenkt, die den boomenden Städtebau in China begleiten.

- Eine der spannendsten Zusammenführungen von Kultur- und Technikforschung vollzieht sich gegenwärtig im Anschluss an den sogenannten pictorial oder visual turn der Kulturwissenschaften. Nicht mehr Sprache, Text und diskursive Verfahren des Wissens werden als das privilegierte Zentrum kulturwissenschaftlicher Arbeit erachtet, vielmehr geraten Bilder,

Abbildung LILIENTHAL © 30045539
allstein bild – The Granger Collection;
Abbildung WRIGHT © 00779768
allstein bild – Haeckel-Archiv

DER AUTOR



PROF. DR. GEORG MAAG

Jahrgang 1953, wurde 1994 zum Professor für italienische Literaturwissenschaft an der Universität Stuttgart berufen. Er ist Mitbegründer der Zeitschrift „Horizonte. Italianistische Zeitschrift für Kulturwissenschaft und Gegenwartsliteratur“, die er seit 1996 zusammen mit Franca Janowski herausgibt. Seit dem Wintersemester 2002 leitet er als geschäftsführender Direktor das Internationale Zentrum für Kultur- und Technikforschung (IZKT) der Universität Stuttgart.

Kontakt

Universität Stuttgart, Internationales Zentrum für Kultur- und Technikforschung
 Geschwister-Scholl-Str. 24, 70174 Stuttgart
 Tel.: 0711/685-82589, Fax: 0711/685-82813
 E-mail: info@izkt.uni-stuttgart.de, Internet: www.izkt.de

Bildverfahren und Visualisierungsstrategien in den Fokus der Aufmerksamkeit. In unserer zunehmend und durch die modernen Informations- und Kommunikationstechnologien auf dramatisch neuartige Weise visuell geprägten Lebenswelt stellt sich in der Tat die Frage, welche Rolle Bilder spielen, welcher „Logik“ sie folgen und welche Wirkungen sie zeitigen. Dass die gemeinhin angenommene Funktion technisch generierter Bilder darin bestünde, neutral und unbestechlich etwas zu bezeugen, wird schon am Beispiel der Fotografie fraglich, wie Ulrich Keller in seinem Beitrag über die visuelle Kultur des Krimkriegs aufzeigt. Aber auch die Flut von Visualisierungsstrategien, mit denen die Naturwissenschaften in letzter Zeit begonnen haben, das Unsichtbare sichtbar zu machen, werfen die Frage auf, wovon virtuelle Bilder eigentlich Bilder sind und was wir auf ihnen zu sehen bekommen. Der Beitrag von *Renate Brosch* zeigt, welches weites und nur interdisziplinär zu bewältigendes Forschungsfeld – das der *visual culture* – sich mit diesen Fragen eröffnet. Mit der Entdeckung des Bildlichen sind Neukonzeptionen in den Geistes- und Kulturwissenschaften verbunden, so auch in der Geschichtswissenschaft. Als *visual history*, als deren bedeutender Vertreter *Ulrich Keller* hier zu Wort kommt, erforscht sie nicht nur die Wissens- und Handlungspotenzen von Bildern, sondern vermittelt auch jene analytische Kompetenz, die uns vor dem oftmals befürchteten Untergang in der „Bilderflut“ bewahren hilft. Abschließend zeigt der Historiker *Klaus Hentschel* am Beispiel der Entdeckung der Balmer-Formel, wie anschauliches, auf visuellen Strukturen basierendes Denken zu wissenschaft-

lichen Innovationen führen kann. Wissenschaftliche Entdeckungen und technische Erfindungen unterliegen eben anderen als nur naturwissenschaftlichen und ökonomischen Bedingungen, sie zehren gleichermaßen von unserem kulturellen Gedächtnis. • *Georg Maag*

Kultur oder Technik?

Über das Technische in der Kultur und das Kulturelle in der Technik



Die Begriffe „Kultur“ und „Technik“ stehen seit 250 Jahren im Brennpunkt philosophischer, sozialer und politischer Auseinandersetzungen. Dieses Schicksal teilen sie mit anderen Leitbegriffen der Moderne wie „Freiheit“, „Sozialismus“, „Arbeit“, „Leistung“. Unschwer ist zu erkennen, dass solche Begriffe nicht einfach irgendwelche Dinge, Klassen, Sachverhalte oder Sachlagen bezeichnen, sondern hier Vorentscheidungen und Strategien zum Ausdruck kommen, wie bestimmte Gegenstandsbereiche jeweils überhaupt adäquat zu erfassen sind.

Jene Begriffe haben dann den Status von **Kategorien**, die die **Art** und **Weise** des weiteren Urteilens über bestimmte Sachverhalte – in technischer Terminologie oder kulturwissenschaftlicher Begrifflichkeit – festlegen. So monierte beispielsweise der kulturpessimistische Sozialphilosoph Hans Freyer, dass Begriffe wie „Schalten“, „Einstellung“, „Leerlauf“, „Friktion“, „ankurbeln“, „energiegeladen“ etc. lebensweltliche Zustände und Verhältnisse von vornherein als technisch modellierte Sachverhalte zu erfassen suchen. Darüber hinaus ist dem Sprachgebrauch von „Kultur“ und „Technik“ zu entnehmen, dass die Begriffe als „Leitbegriffe“ bzw. ihr Verhältnis als „Leitdifferenz“ in orientierender oder politisch-kämpferischer Absicht eingesetzt werden. Damit erlangen diese Begriffe den Status von **Ideen** als Orientierungsgrößen mit dem Anspruch ihrer Einlösung im Erkennen und Handeln.

1. Probleme

Läge es da nicht vielleicht nahe, von den Ideologien und strategischen Interessen abzusehen und sich einfach den Gegenständen, Vorkommnissen und Vollzügen zuzuwenden, die wir doch unschwer als „technisch“ oder „kulturell“ klassifizieren? Goethes „Faust“ gehört zur Kultur, ein Telegrafmast oder ein Glasfaserkabel

zur Technik. Die Farbgestaltung samt ihrer Symbolik in einem gotischen Kirchenfenster ist etwas Kulturelles, die Fundamentierung der Kathedrale etwas Technisches. Warum wird aber die Völklinger Hütte, das stillgelegte imposante Stahlwerk aus dem 19. Jahrhundert, als Industriedenkmal in das UNESCO-Weltkulturerbe aufgenom-

men? Gehört Technik erst dann, wenn sie den Nutzungszusammenhängen entzogen ist, zur Kultur? Was bedeutet es, dass vor dem Deutschen Museum in Bonn der Transrapid als Denkmal verewigt ist (bzw. war), bevor das Scheitern seines Einsatzes in Deutschland feststand? Und – seltsame Ironie – war dieses Scheitern nicht auch einem kulturellen Konflikt geschuldet zwischen den Verfechtern des Transrapid als (Fern- oder Regional-) Verkehrsmittel oder Schaufensterobjekt für den Export und Statussymbol technischer Kompetenz? Ist die Entwicklung und Verbreitung der PCs ein technischer Trend oder eine Kulturerscheinung? Gehören der Motor eines Automobils zur Technik, das Karoseriendesign zur Kultur? Waren die erste Herztransplantation oder der Mondflug ein technisches oder ein kulturelles „Event“ oder beides?

Man mag sich leicht aus der Affäre ziehen, indem man ein „enges“ Technikkonzept verfehlt: Technik wird als „Real- oder Materialtechnik“ einschließlich der Handlungsweisen ihrer Entwicklung, Produktion, Distribution, Nutzung und Entsorgung verstanden. Wie wäre aber eine solche Technik denkbar ohne die „Intellektualtechniken“ des Operierens mit Zahlen, Schrift, Diagrammen, Modellen und Entwürfen zum Zwecke des Planens, Kalkulierens, der Chancen- und Risikoabschätzung als Umgang mit über Zeichen vermittelten Vorstellungen? Und wie wäre diese Realtechnik realisierbar ohne eine „Sozialtechnik“, die Strategien der Koordination von Interessen und der Koordination notwendiger Arbeitsteilung entwickelt? Gehören dann letztere zu einer wie immer gefassten Kultur, wo sie doch spezifisch menschliche „Technik“ allererst zu einer solchen machen (im Unterschied zum Werkzeugeinsatz in rein instrumentellen Vollzügen, wie wir sie bei höheren tierischen Spezies antreffen)? Und sind sie nicht ihrerseits auf realtechnische Fundamente angewiesen, weil die Verarbeitung von Zeichen eines materialen Trägers bedarf, von den antiken Rechensteinen bis zu unseren Höchstleistungsrechenzentren, von den Schriftarten/Notationssystemen bis hin zu den visuellen Darstellungstechniken, von den Kommunikationsmedien bis zu den baulichen, energie- und verkehrstechnischen Infrastrukturen, die nicht nur Instrumente sozialer und politischer Organisation sind, sondern selbst

wertbehaftete Bedingungen ihrer Herausbildung und ihres Verfalls? Sollte dann Technik allenfalls auf den Bereich von Fertigkeiten und Know-how festgelegt werden, etwa in dem Sinne, dass die Kunst des Pianisten Pollini, was die souveräne Beherrschung der Spielweisen betrifft, in einen technischen Teil zerfiele neben dem kulturellen Anspruch, der in der von ihm vorgenommenen *Deutung* der Werke liegt? (Mauricio Pollini hat aber eben auch eine andere „Technik“ als Alfred Brendel.) Wie man es auch wendet: Unsere Intuitionen, sofern wir sie an Gegenstandsbezügen festmachen, erbringen kein klares Bild bezüglich der Verortung von Technik und Kultur sowie ihres Verhältnisses untereinander.

Welche Optionen eines weiteren Nachdenkens stehen hier offen? Wenn nicht in politisch-ideologischer Parteinahme bestimmte Konzepte gegen andere ins Feld geführt werden sollen, bleibt die Aufgabe, mit Blick auf die abenteuerliche Problemgeschichte des Begriffspaars „Kultur“ und „Technik“ Gründe für diese Entwicklung freizulegen, die Interessenlagen zu rekonstruieren, unter denen in polemischer Absicht Vereinseitigungen und Abgrenzungen vorgenommen wurden und auf dieser Basis verdrängte oder vergessene Aspekte der Problemlage zu erhellen, die dann in ihrer Gesamtheit einen neu eröffneten Raum der Orientierung ausmachen. Solcherlei vorzunehmen ist die vornehmste Aufgabe der Geisteswissenschaften, die von Wilhelm Dilthey, einem ihrer Begründer und Theoretiker im 19. Jahrhundert, beschrieben wurde als „Wiedererschließung von Möglichkeiten, die in der Determination des realen Lebens verloren gegangen sind“. Es ist, weiter gefasst, die Aufgabe einer Reflexion, die zwar, wie manche meinen, zu spät zu

ZUSAMMENFASSUNG

Der Beitrag untersucht die Begriffe „Kultur“ und „Technik“, die seit 250 Jahren als Leitbegriffe der Moderne im Brennpunkt philosophischer, sozialer und politischer Auseinandersetzungen stehen. Die verschiedenen Konzepte von Kultur und Technik, die zunächst auch unseren Intuitionen Folge zu leisten scheinen, erweisen sich jedoch bei näherem Hinsehen als problematisch – unsere Intuitionen erbringen letztlich kein klares Bild bezüglich der Verortung von Kultur und Technik sowie ihres Verhältnisses zueinander. Die Reflexion auf die Problemgeschichte des Begriffspaars hilft dagegen, verdrängte oder vergessene Aspekte wieder zu erhellen und verlorengegangene Möglichkeiten wieder zu erschließen. In dieser Absicht wird zunächst die mittlerweile klassische Gegenüberstellung von Kultur und Zivilisation, sowie der sich in diesem Spannungsfeld befindende Begriff der Bildung in den Blick genommen. Als „Tragödie der Kultur“ gilt manchen das Angewiesensein der Kultur auf die Technik, da sich der Mensch damit einer „Sachgesetzlichkeit“ der Mittel unterwerfe, sich also in Unfreiheit begeben. Dieses Angewiesensein auf die Technik lässt sich jedoch auch positiv wenden im Sinne der Anerkennung einer Orientierungsfunktion der Kultur für die Technik einerseits und einer Realisierungsfunktion der Technik für die Kultur andererseits: Kultur ohne Technik ist leer, Technik ohne Kultur ist blind. Kultur kann nun zur Klärung ihrer orientierenden Kraft der Charakter eines Textes zugeschrieben werden. Sie kann so als ein Gefüge von materialtechnischen, intellektualtechnischen und sozialtechnischen Komponenten und als Träger von orientierenden Ansprüchen verstanden werden. Es wäre dann die Frage nach dem Verhältnis dieser Elemente, nach der Struktur dieses Gefüges zu stellen. Hier wird der Vorschlag gemacht, Kultur als Inbegriff von als bewährt erachteten und tradierten Handlungsschemata aufzufassen, womit dann auch ersichtlich wird, warum gegenstandsbezogene Unterscheidungen zwischen Technik und Kultur scheitern.

kommen scheint, weil sie das Vorfindliche „bloß“ nachvollzieht, aber gerade durch diesen Nachvollzug insofern zukunftsweisend ist, als sie, indem sie bestimmte Prozesse dem Verstehen wieder zugänglich macht, neue Voraussetzungen bereit hält, mit diesen Prozessen *umzugehen*.



01

Die Büsten von Robert Mayer (1814–1878) und Friedrich Theodor Vischer (1807–1887). Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften nebeneinander vor dem Eingang des Stuttgarter Polytechnikums; in der zeichnerischen Darstellung sind sie durch die Hochschule miteinander verbunden.

Ihr Wert liegt darin, dass die eigentlichen Subjekte einer Programmatik (welche eben gerade nicht die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind) in die Lage versetzt werden, mit tieferer Einsicht und höheren Freiheitsgraden ihr Verhältnis zu dem, was sie als Technik und/oder als Kultur erachten, zu bestimmen. Wenn dabei selbstverständlich wieder soziale und politische Strategien eine Rolle spielen, so haben sie freilich eine neue Qualität: Sie können sich nicht mehr in gewohnter Weise auf Selbstverständlichkeiten oder angebliche Traditionen berufen, sondern sind in neuer Offenheit einer Kritik aussetzbar, die erlaubt, das Nachdenken über das Verhältnis von Technik und Kultur so zu dynamisieren, wie es die Entwicklungen in ihrem Gegenstandsbereich erfordern.

2. „Kultur“ versus „Civilisation“

Die Geschichte der meist kämpferisch geführten Debatten um das Verhältnis von Technik und Kultur ist inzwischen weitgehend erschlossen. Sie zeigt freilich, dass die einschlägigen Debatten unter wechselnden Leitbegriffen geführt wurden. Prominentester Status kommt sicherlich der

Abgrenzung von Kultur gegenüber (bloßer) Zivilisation zu, die sich im Umkreis des Ersten Weltkrieges zu einem Streit zweier Geisteshaltungen, „deutscher“ oder „französischer“, zuspitzte und ihren weiteren Niederschlag fand in der vor allem von deutschen Denkern getragenen kulturpessimistischen Deutung der Technik im Unterschied zur optimistisch-französischen. Ihr letztes Aufbäumen fand sie im deutschen Kompendium des Halbwissens, Dietrich Schwanitz' Werk „Bildung – alles was man wissen muss“, welches den Bildungstoff als „Marschgepäck“ bereitstellt, damit man „bei der Konversation mit kultivierten Leuten mithalten“ und sich „in der Welt der Bücher bewegen“ kann. Dort heißt es weiter: „So bedauerlich es erscheinen mag: naturwissenschaftliche Kenntnisse müssen zwar nicht versteckt werden, aber zur Bildung gehören sie nicht.“ Es ist diese heruntergekommene Auffassung von Bildung als Träger einer Kultur und von Kultur als Träger „wahrer Humanität“, die bereits Mitte des 18. Jahrhunderts in Frankreich bei den Aufklärern die Antithese „Civilisation“ auf den Plan rief. Gegen die Salonkultur des Grand siècle und das Kulturideal der galanten Lebemänner machten die Aufklärer die „Arbeit des Menschen und ihre Anwendung auf die Erzeugnisse der Natur“ geltend, wobei „die freien Künste, in ihrer Kraft erschöpft, den Rest ihrer Stimme dazu verwenden können, die mechanischen Künste zu preisen“ (d'Alembert/Diderot, Enzyklopädie 1751). Ähnlich Jean-Jacques Rousseau oder der Graf Gabriel de Mirabeau, die in ihren Schriften der „kulturellen“ Entwicklung anlasten, dass der Mensch, seiner natürlichen Tugenden verlustig, zu Luxus und Entfremdung geführt worden sei, wogegen eine Reform der Sitten auf der Basis von technischem und wirtschaftlichem Fortschritt zu vollziehen sei, so der Marquis Antoine de Condorcet. Diese optimistische Idee der „Civilisation“ als Leitbild eines von technischen und wissenschaftlichen Errungenschaften getragenen Fortschritts hielt sich über die Revolution und die Restaurationszeit durch bis zur Nationalisierung nach dem 1870er Krieg, in der „Civilisation“ als Gegenkonzept zur deutschen „Kultur als Form der Barbarei“ stilisiert wurde.

Im Geiste der französischen geschichtsphilosophischen Lehre von einer gesetzmäßigen Abfolge von Zivilisationsstufen (Auguste

Comte) sehen maßgebliche Vertreter der französischen Technikphilosophie die Zivilisation als Wesen der kulturellen Evolution des Menschen an, als „hervorgebracht Natürliches“, welches zwar gewisse Krisen durchläufe, letztlich aber zu einer immer höheren Kohärenz der technischen Systeme führe, auf deren Basis der Mensch seine Umweltbeziehungen gestalte und damit „Kultur in Übereinstimmung mit der Wirklichkeit“ bringe (Gilbert Simondon). Menschliche Technik produziere keine „Gegennatur“, sondern habe einen „biomorphen Charakter“ (Serge Moscovici). Im Zuge einer „wissenschaftlich begründeten Technik“ füge sich der Mensch als Agens in seine kosmische Umwelt ein – Entfremdung ist allenfalls Resultat defizienter technischer Organisation, wohingegen der technischen Evolution eine „sovereäne technische Moralität“ (Jacques Ellul) zukomme unter der Idee der Perfektionierung, zu der wir immerfort gezwungen sind.

*„Kultur ohne Technik ist leer,
Technik ohne Kultur ist blind“.*

Genau dies ist aber nun der Ansatzpunkt der Propagierung eines alternativen Kulturkonzeptes, wie es sich vornehmlich in Deutschland auf der Basis einer anders akzentuierten Rousseau-Lektüre entwickelt und schließlich zur These von der „Tragödie der Kultur“ geführt hat: Ebenfalls unter Verweis auf Rousseau machte Immanuel Kant den Unterschied geltend zwischen bloßer Kultivierung und „Zivilisierung“ einerseits und einer Moralisierung, deren Idee zur Kultur gehöre, andererseits. Entsprechend bezog Johann Georg Hamann „Kultur“ ausdrücklich auf die Entwicklung von Philosophie und Literatur, und Pestalozzi – um nur wenige Stimmen aus dem großen Chor zu nennen – sah deren Kraft „in der Vereinigung der Menschen als Individua [...] durch Recht und Kunst“, während „die Kraft der kulturlosen Zivilisation“ die Menschen nur „als Masse durch Gewalt“ vereinige. Dahinter steht die Vorstellung, dass der freie Mensch als „Bildhauer an der Erde“ (Johann G. Droysen) Werke schafft, deren Wert als „Kulturwert“ darin liege, dass er hier seinen Geist „objektiviere“. Damit ist

allerdings die unausweichliche Tragödie vorgezeichnet: Denn zu dieser „Objektivierung des Geistes“ ist der Mensch auf technische Mittel verwiesen, die unter dem „Sachwert“ des Funktionierens stehen (Georg Simmel) und deren Sachcharakter zu einem „Zwangscharakter“ wird, der den Mechanismus der Zivilisation ausmache. Die „Dialektik der Mittel“ läge in dem Prozess, dass ursprünglich frei eingesetzte Mittel (etwa in einer Handwerkskultur) nun als Maschinen und Systeme den Menschen unter ihre Funktionsmechanismen zwängen, sofern er den Betrieb aufrecht erhalten will. Die Werke, die er schaffe, führten ihm vor, dass er nicht mehr ihr „unverstellt authentisches“ Subjekt sei. Vielmehr schlage sich in ihnen die „Sachgesetzlichkeit“ der Mittel nieder und schreibe diese fort. Diese „Tragödie der Kultur“, wie sie von Georg Simmel, Oswald Spengler, Hans Freyer, Hannah Arendt, Günther Anders u. a. beklagt wird, sei nur zu überwinden durch eine Emanzipation des geistigen Individuums gegenüber seiner Technik, sei es im Modus der Askese, sei es im unmittelbaren Kampf, wobei – Ironie der historischen Konstellation – die von manchen Kulturpessimisten (Simmel, Spengler) beschworene Rehabilitierung des Individuellen gegenüber den technischen Systemen im „Kampf“ mit Blick auf den Ersten Weltkrieg eine Situation beschwor, die wie kaum eine andere doch durch die Macht technischer Systeme geprägt war und die im Namen „deutscher Kultur“ gegen „französische Zivilisation“ geführte Auseinandersetzung als performative Widerlegung des deutschen Kulturanspruches erscheinen lässt. Bereits Ernst Cassirer erhob den Einwand gegen dieses Kulturkonzept und die damit verbundene These von einer „Tragödie“ der Kultur, die sich in der Technik entfremdet habe, indem er diese Auffassung auf ein verengtes Bild des einzelnen Individuums zurückführte, welches sich bei *seiner* Weltaneignung in der Krise sieht. In Wahrheit aber seien die (technisch realisierten) Werke nicht das entfremdete Gegenüber eines Individuums (erst recht nicht der Menschheit als hochstilisiertem Gesamtindividuum), sondern Mittel der Kommunikation und Interaktion, zu denen sich die Kosubjekte in ein Verhältnis setzen und über ihre unterschiedlichen Deutungen und Umgangsweisen diese Werke dynamisieren und fort-

schreiben. Die Werke sind nicht Verluste menschlicher Intentionalität, sondern Ansatzpunkte zu ihrer weiteren Entwicklung. Dies mache eine Kultur aus, die nicht in einer Tragödie endet, sondern sich über ihre Krisen weiter entwickelt. Im intersubjektiven Austausch und der Auseinandersetzung zwischen Subjekten werden „die festen Formen zu neuer Wirkung befreit“. Damit ist ein Kulturkonzept vorgezeichnet, das die technische Realisierung nicht als ihr entfremdetes Anderes sieht, sondern als integralen Bestandteil zu ihrer eigenen Fortschreibung. Es gilt wohl, um Immanuel Kant zu paraphrasieren: „Kultur ohne Technik ist leer, Technik ohne Kultur ist blind“. Damit ist aber allenfalls die Problemwurzel benannt, auf der sich die polemische Auseinandersetzung entfaltet hat.

3. „Kultur“ versus „Lebenswelt“

Hinter einem zweiten umstrittenen Begriffspaar, demjenigen von „Kultur“ und „Lebenswelt“, wird ein weiterer Aspekt ersichtlich, der die Rolle der Technik im Verhältnis zur Kultur thematisiert. Hier wird die Technik der Kultursphäre zugerechnet und in ein Spannungsverhältnis zur Lebenswelt gesetzt. So finden sich auf der einen Seite Ansätze, die angesichts der Notwendigkeit einer Sicherung unserer lebensweltlichen Verhältnisse auf die Notwendigkeit der Einrichtung von Institutionen verweisen, als „Umgießen hoher Gedanken in feste Formen“, woraus allererst Handlungsfreiheit resultiere, so der Kulturanthropologe

Arnold Gehlen. Im Rahmen der „Superstruktur Technik-Wissenschaft-Wirtschaft“ könne allerdings deren Organisation „sinnentleert“ werden; dem sei nur durch Verzicht auf einschlägige Gratifikationen zu begegnen. Ähnlich argumentiert der Neukantianer Heinrich Rickert, wenn er hervorhebt, dass man das Leben „bis zu einem gewissen Grade ertönen“ müsse, um zu „Gütern mit Eigenwerten zu kommen“, den „Kulturwerten“.

Kritisch hingegen rekonstruiert der Phänomenologe Edmund Husserl diese Entwick-

lung als Verlustgeschichte, in der die „Selbstverständlichkeit“ der Lebenswelt in eine „Verständlichkeit“ transformiert worden sei im Zuge der Idealisierung unserer Erkenntnisinhalte (von der Geometrisierung über die Arithmetisierung zur Algebraisierung) sowie einer „Kausalisierung“ als Verknüpfungsprinzip, welches unserem methodischen Zugriff geschuldet sei – die Methoden erscheinen ihm als die „ersten Maschinen“. Diese harte Formulierung meint, dass erst ein Sinnverzicht (auf den Eigensinn der lebensweltlichen Zusammenhänge) Kräfte im Rahmen jener idealisierten Strukturen technisch verfügbar mache – hier also nicht eine „Tragödie der Kultur“, sondern eine „Krisis der europäischen Wissenschaft“ (als Technik) vorliegt.

Im Unterschied zu dieser kulturkritischen Haltung, die auf der Folie einer ursprünglichen Lebenswelt argumentiert, verstehen die „Kulturalisten“ (Peter Janich, Jürgen Mittelstraß, Karl F. Gethmann, Armin Grunwald u. a.) die Herausbildung von Kulturen als Prozess einer Tradierung von Praxen, die sich als regelmäßige, regelgeleitete und personeninvariant aktualisierbare Handlungszusammenhänge bewährt haben. Die Schritte ihres Aufbaus sind dabei durch den unumkehrbaren technischen Bedingungs-zusammenhang des Einsatzes jeweiliger Mittel geprägt; die Aufbaufolge der Techniken ist die Basis für die Entwicklung einer entsprechenden „Kulturhöhe“. Im Gegensatz zu einer eher kritischen Einschätzung des Ordnungscharakters von Kulturen finden wir hier eine Würdigung ihrer Ordnungsleistung unter dem Ideal der Zweckrationalität, einer begrüßenswerten „Entzauberung“ der Welt (Max Weber), deren „stahlhartes“ Gefüge den unverzichtbaren Rahmen für planvolles Handeln abgibt. Einig sind die Positionen im Aufweis der Technik als notwendiger Bedingung derartiger Kultur.

Über diese Funktionszuweisung an die Technik hinaus kann dann der „Kultur“ im engeren Sinne der Charakter eines „Textes“ zugeschrieben werden, wobei man im „Text“ sowohl die allgemeine Wurzel von „tek-“ als Gefüge, Gewebe findet, wie sie in der mythischen Darstellung der Athene aufscheint, die Materialien, Zeichen und Sozialbeziehungen „zusammengewebt“ habe, und in einem spezielleren Sinne von „Text“ als Träger von Bedeutungen sprechen kann. So versteht Jürgen Habermas Kultur als „Wissensvorrat für die Versor-



Entwurf einer Gedenkmünze an der Königl. Gewerbeschule, Vorläufer der Technischen Hochschule und heutigen Universität Stuttgart

gung mit Interpretationen“; der bereits erwähnte Ernst Cassirer fasst sie als Inbegriff symbolischer Formen, unter denen wir unsere Weltbezüge ausdrücken und damit erst bewusst und gestaltbar machen, und der Ethnologe Clifford Geertz sieht die formale Gemeinsamkeit von Kulturen darin, dass sie „Systeme von Bedeutungen in symbolischer Form“ ausmachen, „mit Hilfe derer Menschen Einstellungen zum Leben weiterentwickeln“. Versteht man in dieser Weise Kulturen als Texte im engeren Sinne, dann sind sie „Medien der Orientierung“ (Ernst Wolfgang Orth). Die Gefahr einer derartigen Spezifizierung von „Kultur“ i.e.S. liegt aber darin, dass Kultur gleichsam den Charakter einer (kommentierten) Landkarte enthält, die sich dem Blick des neugierigen Lesers (oder Ethnologen oder Geisteswissenschaftlers) erschließt, der sich hier zu orientieren vermag oder auf dieser Basis eine Orientierungshilfe für andere entwickelt. War in der Konfrontation von Kultur und Zivilisation die Kultur das Reservat der Werte (im Gegensatz zur Technik als Inbegriff der Mittel), so erscheint hier Kultur als das Reich der Deutungen (im Gegensatz zur rein funktional modellierten Technik). „Bildung“, als der kulturellen Sphäre zugehörig, wäre aber verkürzt, wenn man sie als bloßen Umgang mit Deutungen oder als Wissenstransfer über solche Deutungen und Interpretationen erachtete. Sich zu bilden hängt, wie Georg Wilhelm Friedrich Hegel unüberbietbar herausgearbeitet hat, damit zusammen, dass man *etwas* bildet und sich zu seinen *Werken* in ein Verhältnis setzt. Ferner: Texte sind nicht bloß Reservoirs von Deutungen oder „Wissensvorräte“, sondern Träger von Ansprüchen, was sich auch und gerade daran kund tut, dass sie in Kanons entsprechender Nationalkulturen versammelt sind und verbindliche Standards auszudrücken beanspruchen, unter denen unser Leben zu organisieren sei. Sie exemplifizieren Regeln und werden eben deshalb auch zum Zwecke der Erziehung eingesetzt. Sie stellen, wie Wilhelm Dilthey betont, nicht bloße Begrifflichkeiten und ihre Interpretationen vor, sondern „materiale Kategorien“, was signalisiert, dass unser tatsächliches Handeln unter diesen Konzepten sein Selbstverständnis finden und sich an entsprechenden Schemata orientieren soll. Zu diesen Schemata gehören aber auch und gerade die materialen Verfasstheiten

des technischen Mitteleinsatzes und des Wirtschaftens. Kultur ist also eher ein „Text“ im weiteren Sinne: Ein Gefüge von materialtechnischen, intellektualtechnischen (zeichenverarbeitenden) und sozialtechnischen (normativen) Komponenten. Wie aber verhalten sich diese zueinander?

4. „Kultur“ versus „System“

Angesichts der heutigen Globalisierung, die ihre Wurzeln bereits in der frühen Neuzeit hat und seit dieser Zeit durch ihren inneren Widerspruch einer globalisierten Wertschöpfung einerseits (was Ressourcenausbeutung, Produktion und Kapitalverkehr betrifft) und dem Aufstellen und der Nutzung immer neuer Barrieren (Migration, Verfügung über Ressourcen, Zugang zum Weltmarkt als Anbieter etc.) andererseits geprägt ist, wird ein weiteres Gegensatzpaar virulent, innerhalb dessen Technik in ihrem Verhältnis zur Kultur verortet wird, nämlich dasjenige von „System“ und „Kultur“. Modelliert man „System“ als ein funktionales Gefüge von Elementen, das der Selbstfortschreibung und Selbsterhaltung dient, indem externe Störungen vom System so verarbeitet werden, dass die funktionalen Zusammenhänge stabil bleiben, so kann man mit Niklas Luhmann Systeme als „operativ geschlossen“ und „selbstreferenziell“ charakterisieren: Systeme wie Wirtschaft, Recht, Wissenschaft, Politik, Religion etc. stehen unter jeweils spezifischen Regeln/Codes, unter denen sie sich fortschreiben und unter denen die jeweiligen „Irritationen“ durch andere Systeme erfasst und weiterverarbeitet werden. Nur sofern eine Erfassung dieser Irritationen unter dem eigenen Code möglich ist, sind diese Irritationen als Störungen identifizierbar (z. B. rechtliche Irritationen des Wirtschaftssystems nach Maßgabe ihrer Monetarisierbarkeit). Insofern erfahren Systeme ihren Umweltkontakt immer nur als „Selbstkontakt“; nach Maßgabe ihres Codes legen sie die Grenze zu ihrer jeweiligen Umwelt allererst fest. Innerhalb dieser Systeme, die in ihrer Gesamtheit „Gesellschaft“ ausmachen, spielt Technik eine zentrale Rolle: Sie ermöglicht Routinen als „feste Kopplungen“, als „Kontingenzmanagement“ der auftretenden Systemereignisse. Sie programmiert die Abläufe innerhalb der Systeme so, dass Antizipation von Effekten, Planbarkeit, Verlässlichkeit, Ab-

sicherung, Kompensation bei Schäden und Fortsetzbarkeit des Agierens gewährleistet sind. Technik als Stabilitätsgarant innerhalb der Systeme bildet mithin kein eigenes System. Dieses Technikkonzept ist nicht auf Material-/Realtechnik beschränkt, sondern umfasst neben ihr auch die Intellektual- und Sozialtechniken.

Im interkulturellen Kontakt nun erfahren die Systeme die fremde „Kultur“ als „Einspruch“ (Dirk Baecker). Sie werden herausgefordert durch andere Kulturen als Außer-Ordnungshafte, und zwar dadurch, dass sie in bestimmten Situationen nicht in der Lage sind, einen „funktionalen Anschluss“ des „Einspruches“ an ihr eigenes Regelsystem herzustellen. Nicht eine *bestimmte* Andersheit (Alterität), die immer noch unter einer Vergleichsinstanz als Unterschiedlichkeit verstehbar ist, liegt hier vor, sondern eine Fremdheit (Alienität), weil der eigene Code, der ja funktional maßgeblich ist, nicht einen „Anschluss“, eine Übersetzbarkeit herzustellen vermag, die ja auch Voraussetzung selbst einer Abgrenzung wäre. Versteht man „Verstehen“ als Herstellung eines derartigen funktionalen Anschlusses, wie sie sonst unter Systemen möglich ist (etwa, um auf das obige Beispiel zurückzukommen, die Wahrnehmung einer juristischen Sanktion durch ein ökonomisches System als ökonomische Einbuße qua Strafzahlung, Marktbeschränkung, Reduktion des Gewinns durch Ansehungsverlust etc.), so liegt jetzt „Nicht-Verstehen“ vor. Jean Baudrillard hat dieses Phänomen geltend gemacht zur Erklärung der Unfähigkeit der tauschfixierten westlichen Gesellschaft, das Engagement islamischer Fundamentalisten im Heiligen Krieg zu verarbeiten. Andere verweisen auf ein Nicht-Verstehen des chinesischen Wertes der „Harmonie“ als Verhältnis von in Netzen organisierten Rollen, die nicht nach unserer Lesart von Individuen wahrgenommen werden, sondern die Individualität dieser Subjekte charakterisieren. In solchen kulturellen „Einsprüchen“ realisiere sich für die technisch stabilisierten Systeme die neue Erfahrung, dass sie selber Umwelt der Systeme sind, die sie zu verstehen suchen, also dass „Umwelt“ nicht einzig in Relation zu ihnen festgelegt ist. Damit erfahren sich die Systeme selbst als kontingent. Das Kulturelle, so Niklas Luhmann,

bestehe eben gerade darin, dass Systeme sich und andere Systeme als kontingent beobachten.

Zugleich machen die Systeme aber auch in diesem Kontext eine gegenläufige Erfahrung: Jenseits dieser Beobachtung einer Neuformierung des Verhältnisses von System und Umwelt ist zu diagnostizieren, dass bestimmte Subsysteme dieser Systeme zu Subsystemen der anderen Kulturen in deutlicher „Resonanz“ stehen. Das betrifft die Erfüllung partikulärer funktionaler Erfordernisse wie etwa hinreichende Versorgung mit Grundnahrungsmitteln und Wasser, Kampf gegen soziale Unterdrückung, Erstellung einer hinreichenden Infrastruktur des Verkehrs und der Kommunikation, Nutzung von Techniken der Informationsverarbeitung u.v.a. mehr, kurz: technisch durchstrukturierte Teilsysteme, die multifunktional orientiert sind und das basale Fundament der elaborierteren unterschiedlichen Systeme abgeben. (Darauf insistiert auch der Wirtschaftsnobelpreisträger Amartya Sen.) Hieraus lässt sich erklären, warum trotz differierender kultureller Ordnungssysteme eine gewisse technische und ökonomische Homogenisierung festzustellen ist, in der Teilsysteme der unterschiedlichen Kulturen bestens zu kooperieren scheinen. Dies gilt freilich nur so lange, wie der Funktionszusammenhang nicht gestört ist. Spätestens im Krisenmanagement und in der Wahl von Strategien, mit Störungen umzugehen, also bei gestörter „Resonanz“, greifen die alternativen übergeordneten systemischen Strategien. Aus dieser Perspektive erscheint Technik einerseits als *interkulturelles* Phänomen der Stabilisierung von Teilsystemen, andererseits als etwas, das den transkulturellen „Einsprüchen“ der Kulturen gegeneinander nichts entgegenzusetzen hätte.

*„Technik ist nicht bloß
Inbegriff der Mittel,
sondern künstliches Medium der
Ermöglichung von
Zwecksetzungen und ihrer
Realisierung.“*

Damit deutet sich eine neue Perspektive zur Unterscheidung von Technik (als „Kontingenzmanagement“) und Kultur an (als übergeordnete orientierende Ordnungsstruktur, die jeweils aus der Sicht der Anderen kontingent erscheint). Wenn Kultur, wie Dirk Baecker in der Luhmann-Tradition formuliert, dasjenige ist, „was wir nicht zur Disposition zu stellen bereit sind“, wir hingegen Technik bereitwillig zu Gunsten einer besseren (effizienteren und effektiveren) Technik aufgeben, scheint ein Unterscheidungskriterium gefunden. Und letztlich wären wir wieder bei der alten Unterscheidung angelangt zwischen einer Domäne, in der es um Ziele und Werte geht (Kultur) und einer, in der es um die Mittel geht (Technik). Zwei Einwände jedoch lassen sich hier geltend machen: Zum einen sind Mittel nicht bloße Instrumente zur Realisierung von Zielen (als Handlungszwecken), sondern legen den Raum der Realisierbarkeit möglicher Zwecke fest, die nur dann als Zwecke und nicht als bloße Wünsche oder Visionen erachtet werden. Technik ist insofern nicht bloß Inbegriff der Mittel, sondern (analog zu natürlichen Medien) künstliches *Medium* der Ermöglichung von Zwecksetzungen und ihrer Realisierung. Aus diesem Grund ist sie eben nicht bloß nach Maßgabe ihrer Disponibilität mit Blick auf Effizienz und Effektivität zu betrachten, sondern auch nach Maßgabe ihrer Unverzichtbarkeit in der Festlegung des Horizonts, innerhalb dessen wir überhaupt Zwecksetzung generieren, ohne die Effizienz (als Verhältnis von Aufwand und *Ertrag*) und Effektivität (als *Zweckdienlichkeit*) gar nicht zu denken wäre. Zum anderen stehen diese basalen technischen Kategorien ihrerseits unter Werten, die nicht einfach einer von der Technik zu separierenden Kultur zuzuschreiben wären, sondern bestimmen, was überhaupt als rationale Technik gilt. Der Wandel von Vorstellungen über Technik, wie ihn die Ideengeschichte bis hin zur konkreten Technikgeschichte aufweist, ist weder rein technikinduziert noch top down durch einen Wechsel „kultureller“ (z. B. weltanschaulicher) Leitbilder evoziert. Er entspringt einem komplexen Wechselspiel fundamentaler Krisen in der Verarbeitung realtechnischer, intellektualtechnischer und sozialtechnischer Probleme in der

Gestaltung unserer Weltbezüge einerseits und einer hierdurch veranlassten, aber nicht hieraus begründeten Einnahme neuer Weltansichten andererseits, die auch im Rückgriff auf ältere Welt- und Menschenbilder („Renaissancen“) oder in visionären Neuentwürfen liegen können. Damit ist aber ein weiterhin ungeklärtes Verhältnis bloß benannt.

„Die Kultivierung der inneren und äußeren Natur wird ergänzt durch eine Überformung der äußeren und inneren Natur.“

5. Vorschlag für eine Reformulierung des Problems

Angesichts der unterschiedlichen Einschätzungen von Kultur und Technik sowie ihres Verhältnisses zueinander erscheint es sinnvoll, den Anfang jener begrifflichen Entwicklungen aufzusuchen, der ja nicht ein Anfang bloßer Benennungsversuche ist, sondern als Anfang einer Problemsicht und zugleich als (leider vergessener) Anfang des Versuchs, tragfähige Lösungen zu erarbeiten, rekonstruierbar ist. Der Begriff „*cultura*“ verweist ursprünglich auf den Ackerbau im Kontext der Sesshaftwerdung des Menschen, der neolithischen „Revolution“. In diesem Prozess etablierte sich eine spezifisch menschliche Technik, die vom bloß instrumentellen Werkzeugeinsatz höherer Spezies deutlich zu unterscheiden ist. Denn im Unterschied zur „Zufallstechnik“ der Jäger und Sammler, die den Widerfahrnissen der Natur ausgeliefert waren, suchen die Menschen ihre Naturbezüge zu sichern und zu stabilisieren, indem sie die Bedingungen des Erlegens von Tieren (durch Einhegung und Zucht) sowie des Erntens von Nutzpflanzen (durch Anlage von Äckern und Bewässerung etc.) selbst technisch zu gestalten vermochten. Der steuernde Einsatz technischer Artefakte wird mithin ergänzt durch eine, wie es der Kybernetiker W. Ross Ashby formuliert hat, „Regelung“ im weitesten Sinne als „ausgearbeitete

Gegenaktion gegenüber Störungen“, die allererst ein „gelingendes Steuern ermöglicht“. Realtechnik in diesem Sinne hat also zwei Komponenten: Steuerung und Absicherung des Gelingens dieser Steuerung qua Regelung. Kultur in diesem Sinne weist also bereits zwei Komponenten auf, die zu ihrer Realisierung freilich bestimmte Formen der Kommunikation (Intellektualtechnik) und der Arbeitsteilung (Sozialtechnik) erfordern. Konsequenz ist es daher, wenn Marcus Tullius Cicero dieses Kulturkonzept als „cultura animi“ auf den Bereich des Geistigen überträgt und damit in den Fokus der Aufmerksamkeit rückt, dass jene Gestaltung der Verhältnisse zur äußeren Natur eine adäquate Gestaltung der Verhältnisse des Menschen zu seiner inneren Natur mit sich führen muss. Neu ist diese Übertragung nicht, denn bereits Athene wird neben ihrer Charakterisierung als Erfinderin der Realtechniken des Webens und des Behausens

sowie der Landwirtschaft als Technikerin dargestellt, die entsprechende Intellektualtechniken (der Zeichenverwendung) für die Beherrschung unserer inneren Natur (Vorstellungen, Affekte etc. – so die Darstellung bei Pindar) sowie für die Gestaltung der zwischenmenschlichen Beziehungen zum Zweck von deren Stabilisierung,

also als Sozialtechnikerin (der Regelung juristischer und politischer Auseinandersetzungen wie z. B. in der Orestie) entwickelt hat. Alle diese Techniken sind ohne die jeweils anderen nicht denkbar und realisierbar. Die *Kultivierung* der inneren und äußeren Natur (von ihrer zielgerichteten Weiterentwicklung bis hin zur Disziplinierung) wird dabei ergänzt durch eine *Überformung* der äußeren und inneren Natur, soweit das Ziel, stabile Handlungsbedingungen zu erlangen, durch bloße Kultivierung nicht erreichbar erscheint. Georg Simmels Bild ist der Unterschied zwischen der Kultivierung eines Baumes und seiner Überformung als Schiffsmast; für die innere Natur wäre analog der Unterschied zwischen einem Sensibilisierungs-, Konzentrations- und Kreativitätstraining auf der einen und der Vermittlung eines von Dritten als bewährt erachteten Wissens anzuführen.

„Ich schlage vor,
Kultur als Inbegriff
solcher Schemata zu erachten,
die als bewährte Schemata
tradiert werden.“

Es geht also darum, die Stabilität von Handlungsbedingungen zu gewährleisten, nicht in dem Sinne, dass das individuelle Handeln hierdurch in bestimmte Schemata gezwungen würde, sondern in der Hinsicht, dass jene Stabilität überhaupt erlaubt, dass individuelles Handeln mit bestimmten kalkulierbaren Folgen planbar wird, gleich, wie man sich zu entsprechenden Folgen als Gratifikationen oder Sanktionen verhält und möglicherweise die diese ermöglichenden Bedingungen verwirft. Ich schlage vor, Kultur als Inbegriff solcher Schemata zu erachten, die als bewährte Schemata tradiert werden. Jedes Handlungsschema, bestehend aus (1) möglichen Werten und Zielvorstellungen, (2) als realisierbar erachteten Zwecken sowie (3) aus verfügbaren möglichen Mitteln, weist sowohl eine real/materiale, eine zeichen-/deutungshafte (intellektuale) sowie eine normative Seite (mögliche Sanktionen und Gratifikationen) auf. Dadurch eröffnen sich Hinsichten des Unterscheidens, nicht jedoch unterschiedliche Klassen von Schemata, die erlauben würden, technische, intellektuale sowie normative Gegenstände zu separieren. Und es wird ersichtlich, warum gegenstandsbezogene Unterscheidungen zwischen Technik und Kultur genauso scheitern wie Versuche, eine technische Domäne der Mittel von einer kultürlichen Domäne der Werte zu trennen. • Christoph Hubig

Weiterführende Literatur des Autors

- Hubig, Ch.: *Technologische Kultur*. Leipzig: Universitätsverlag 1997
- Hubig, Ch., Huning, A., Ropohl, G. (Hrsg.): *Nachdenken über Technik – Die Klassiker der Technikphilosophie*. Berlin: edition sigma 2000
- Hubig, Ch.: *Die Kunst des Möglichen – Grundlinien einer dialektischen Philosophie der Technik*. Bd. 1: *Technikphilosophie als Reflexion der Medialität*. Bielefeld: transcript 2006. Bd.2: *Ethik der Technik als Provisorische Moral*. Bielefeld: transcript 2007
- Hubig, Ch., Koslowski, P. (Hrsg.): *Maschinen, die unsere Brüder werden. Mensch-Maschine-Interaktion in hybriden Systemen*. München: Wilhelm Fink Verlag 2008

DER AUTOR

PROF. DR. CHRISTOPH HUBIG

geb. 1952, Studium der Philosophie in Saarbrücken und an der TU Berlin, 1976 Promotion (Dialektik und Wissenschaftslogik, Berlin 1978), 1983 Habilitation (Handlung – Identität – Verstehen, Weinheim 1985).
Professuren für Praktische Philosophie/Technikphilosophie in Berlin, Karlsruhe und Leipzig. Seit 1997 Professor für Wissenschaftstheorie und Technikphilosophie an der Universität Stuttgart, dort Prorektor von 2000–2003.
Vorsitzender des Bereichs „Mensch und Technik“ des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) 1996–2002, Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Philosophie; Kurator und Leiter des Studienzentrums Deutschland der Alcatel Lucent-Stiftung, Vorstand des Internationalen Zentrums für Kultur- und Technikforschung, Principal Investigator im EXC 310 „Simtech“ und Honorarprofessor an der University of Technology Dalian/China.

Kontakt

Universität Stuttgart, Institut für Philosophie, Seidenstr. 36, 70174 Stuttgart
Tel. 0711/685 82491, Fax 0711/685 72491
E-Mail: sekretariat@philo.uni-stuttgart.de, Internet: www.uni-stuttgart.de/philo



Wie aufgeschlossen sind die Deutschen gegenüber der Technik?

Ergebnisse der Akzeptanz- und Modernisierungsforschung



Die Befriedung zwischen dem Potential der Technik und ihrer sozialen und politischen Beherrschbarkeit ist ein Dauerthema in der öffentlichen Diskussion. Trotz aller Appelle und guter Ratschläge ist das Spannungsverhältnis zwischen den technikeuphorischen und technik-skeptischen Entwürfen für die Zukunft nicht geringer geworden. Hatten noch einige Beobachter geglaubt, mit dem Ausstieg aus der Kernenergienutzung sei das „Gespenst der Technikfeindlichkeit“ aus den Herzen und Köpfen der Deutschen verjagt, so zeichnet

sich mit den neuen Auseinandersetzungen um Chemieanlagen, gentechnische Labors, Windkraftanlagen und andere technische Einrichtungen eine dauerhafte Debatte

um Sinn, Zweck und ethische Verantwortbarkeit des Einsatzes von Technik ab. Diese Debatte ist keinesfalls auf akademische Zirkel begrenzt, sondern hat weite Teile der Bevölkerung ergriffen.

Bevor einige ausgewählte Faktoren dieses Sachverhaltes zur Darstellung gelangen, soll eine Bestandsaufnahme der Frage nachgehen, wie Forschung und Entwicklung in der Bevölkerung insgesamt akzeptiert werden. Das ist vor allem eine empirische Frage, auf die uns die Meinungsforschung einige vorläufige Antworten geben kann.

1. Zur Akzeptanz von Forschung und Technik

Sieht man sich die Umfrageergebnisse an, dann könnte man leicht ins Schwärmen kommen. Mehr als 50 Prozent der Deutschen wünschen mehr Geld für die Grundlagenforschung, mehr als 60 Prozent stimmen zu, dass die staatliche Forschung mehr gefördert werden sollte, mehr als 70 Prozent sind der Meinung, dass Forschung und Entwicklung die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands erhöhen würde, und mehr als 80 Prozent sprechen sich dafür aus, dass die Industrie mehr Forschung betreiben solle. Von einer Forschungsfeindlichkeit der Deutschen kann man also nicht reden.

Doch hier ist Vorsicht bei der Interpretation angebracht. Die hohen Zustimmungsraten zu Forschung und Entwicklung sind nicht auf Deutschland beschränkt. Sie gelten weltweit. In Deutschland ist die Akzeptanz für Forschung zwar etwas höher als in den meisten europäischen Ländern, allerdings gibt es einige Besonderheiten, die zu erwähnen wichtig sind. Wenn wir den Umfragen Glauben schenken dürfen, dann stimmen die meisten Deutschen darin überein, dass Forschung und Entwicklung vor allem eine Aufgabe des Staates sei. Auf die Frage „Sind Sie dafür, dass der Staat in stärkerem Maße Kontrollfunktionen für angewandte Forschung ausüben soll?“, antwortet zumindest im Westen Deutschlands eine breite Mehrheit mit „ja“. Weil dem einzelnen Bürger die Einsicht und die Mittel zur Bewertung von Forschung fehlen, überträgt er diese Funktion gerne dem Staat. Ob der Staat mit dieser Aufgabe nicht überfordert ist, steht auf einem anderen Blatt. Dagegen sind die Befragten in den meisten anderen Ländern davon überzeugt, dass Forschung eine vordringliche Aufgabe der Industrie oder der Hochschulen sei. Die Deutschen trauen also dem Staat mehr Kompetenz zu als anderen Trägern der Forschung und erwarten auch eine stärkere Ausrichtung staatlicher Forschung an die sozial vermittelten Bedürfnisse der Gesellschaft.

Bei den Euro-Barometer-Umfragen der Europäischen Kommission äußert immer wieder ein Großteil der Befragten, dass sie wenig von Forschung und Entwicklung verstünden, dennoch finden sich in gleichem Maße Mehrheiten für die Aussage, die Bürger sollten mehr Mitbestimmungs-

rechte bei der Auswahl von Forschungsbereichen haben. Dies sollte man nicht als Beleg für eine scheinbare Irrationalität der Befragten verstehen, sondern vielmehr als einen Appell an die Politik, bei der Komplexität der Materie und der Unübersichtlichkeit möglicher Forschungsbereiche stärker die Belange und Anliegen der Bevölkerung zu berücksichtigen.

Weitere Einsichten vermitteln Umfrageergebnisse in Bezug auf die verbal geäußerte Zahlungsbereitschaft: „Wie viel wären Sie bereit, für ein bestimmtes Technikfeld aus Ihrem Einkommen beizusteuern bzw. wie viel Steuergelder sollten für ein bestimmtes Forschungsfeld ausgegeben werden?“ Gleichgültig, welche Fragestellung man wählt, die Ergebnisse sind relativ stabil. An der Spitze der Zahlungsbereitschaft stehen Forschungen zur Förderung alternativer Energien, zur Verbesserung der Gesundheit und zur Erhöhung des Umweltschutzes. Nicht umsonst finden sich genau diese drei Themen in den Forschungsprogrammen der EU und auch der Bundesrepublik wieder. Eine mittlere Zahlungsbereitschaft liegt für Anwendungsbereiche wie Raumfahrt, Verkehrstechnik und Abfalltechnik vor. Dabei spielen auf der einen Seite Prestige Gründe, auf der anderen Seite Sorgen um die Umwelt eine wesentliche Rolle. Schlusslichter in der Zahlungsbereitschaft sind Kernenergie und, vor allem in Deutschland, Gentechnik und Mobilfunkmasten. Für das neue Feld der Nanotechnologie fehlen noch belastbare Zahlen, weil über 70 Prozent der Deutschen mit diesem Begriff noch nichts anfangen können.

2. Differenzierte Einsichten zur Technikakzeptanz

Wie sieht es nun mit der Technikakzeptanz in Deutschland aus? Um die Datenmenge der empirischen Forschungen sinnvoll zu interpretieren, ist eine Untergliederung in drei Technikbereiche sinnvoll (**T.01**):

ZUSAMMENFASSUNG

Sind die Deutschen so technikfeindlich wie dies häufig in den Medien dargestellt wird? Die empirische Sozialforschung lehrt uns etwas Anderes. Denn mangelnde Technikakzeptanz oder sogar Technikfeindlichkeit ist entgegen vielen Presseberichten und manchen lieb gewordenen Vorurteilen in Deutschland geringer ausgeprägt als in den meisten anderen europäischen Ländern. Glaubt man den Umfragedaten, dann lieben in Deutschland die meisten Menschen die Errungenschaften der Technik, vor allem in Haushalt, Freizeit, Berufsleben und im Ausleben der Mobilitätswünsche. Nur die Luxemburger übertreffen uns in der Ausstattung an technischen Geräten pro Haushalt. Allenfalls große komplexe Systemtechniken wie Kernenergie, Gentechnik oder Chemieanlagen stoßen bei einem Großteil der Bevölkerung auf Skepsis. Diese skeptische Haltung finden wir aber auch in den meisten anderen Ländern in Nordeuropa, während die Südeuropäer auch Großtechnik überwiegend positiv beurteilen.

2.1. Produkt- und Alltagstechnik

Die Produkt- und Alltagstechnik wird über den Allokationsmechanismus des Marktes gesteuert. Jemand kann ein technisches Produkt kaufen oder auch nicht. Wenn es Konflikte gibt, dann geht es meistens um Haftung und Qualität oder in einigen wenigen Fällen um externe Effekte des Konsums auf Dritte. Der Verkehr ist ein Beispiel für einen solchen externen Effekt, da wir mit der Nutzung von privaten Pkws auch Umweltbelastungen oder andere Belastungen für Dritte in Kauf nehmen. Im Bereich der Produkt- und Alltagstechnik gibt es in Deutschland keine Akzeptanzkrise. Es gibt kaum ein Land, das so üppig mit technischen Geräten im Haushalt ausgestattet ist wie die Bundesrepublik. Nur wenige Stimmen erheben sich gegen den Gebrauch von Kühlschränken, Staubsauger, Hifi-Anlagen, Personalcomputer oder Sportgeräten, obwohl auch diese Produkte, wie wir alle wissen, zur Umweltbelastung beitragen. Interessanterweise wird das Müllproblem häufig als separates Entsorgungsproblem

sem Kontext nicht Kauf, sondern vielmehr aktive Nutzung der Technik durch die Beschäftigten in einem Unternehmen. Konflikte entzündeten sich an Fragen der Rationalisierung (Wegrationalisierung des Arbeitsplatzes), an Fragen der Mitbestimmung über Technikeinsatz und Fragen der Qualifikation und des Trainings. Im internationalen Vergleich schneidet Deutschland bei der Arbeitstechnik nicht schlecht ab. Interessant ist dabei, dass die Deutschen nicht unbedingt die ersten sind, die innovativ in den arbeitstechnischen Bereich eingreifen, sondern diejenigen, die etwas behutsamer bei der Modernisierung vorgehen. Dafür ist dann aber die Nutzungsrate durch die Beschäftigten höher als in anderen Ländern. Einige Untersuchungen belegen etwa, dass moderne Informationstechniken in Frankreich früher eingeführt wurden als in Deutschland, dass aber die französischen Beschäftigten wesentlich länger brauchten, um diese Geräte auch bestimmungsgemäß zu nutzen. Die Technik wird also in Deutschland später eingeführt, aber dann auch stärker genutzt.

Technikbereich	Allokationsverfahren	Akzeptanztest	Konfliktthemen
Produkt- u. Alltagstechnik	Markt	Kauf	Haftung, Qualität
Arbeitstechnik	Betrieb	Aktive Nutzung durch Beschäftigte	Mitbestimmung, Anpassungsgeschwindigkeit, Qualifikation
Externe Technik	Politik	konventionelle Verfahren (Abstimmungen) unkonventionelle Verfahren (Proteste)	Interessen, Rechte, Zuständigkeiten Legitimität vs. Legalität, Grundwerte, Verzerrung der organisierten Interessen

T.01

wahrgenommen, weniger als Konsumproblem. Es bewahrheitet sich also, was der Sozialpsychologe Prof. Röglin schon vor Jahren auf die kurze Formel gebracht hat: „Wir lieben die Produkte der Industriegesellschaft, aber hassen die Art, wie sie hergestellt werden.“

2.2. Arbeitstechnik

Arbeitstechnik ist die Technik, die am Arbeitsplatz angewandt wird. Die Entscheidung darüber liegt bei den einzelnen Unternehmen. Akzeptanz bedeutet in die-

2.3. Externe Technik

Das dritte Feld, das hier im besonderen Maße im Vordergrund steht, ist die externe Technik, die Technik als Nachbar. Darunter fallen das Chemiewerk, die Müllverbrennungsanlage, das Kraftwerk oder das Gentechniklabor. Akzeptanz bedeutet in diesem Technikfeld Tolerierung durch die Nachbarn (eine positive Einstellung ist keineswegs erforderlich). Die Entscheidungen über externe Technik fallen im Zusammenspiel von Wirtschaft, Politik und öffentlicher Reaktion. Hier gibt es die

konventionellen Verfahren, wie Abstimmungen, Genehmigungsverfahren, Raumordnungsverfahren, Planfeststellungsverfahren usw., darüber hinaus die unkonventionellen Verfahren, die von Bauplatzbesetzungen bis hin zu aktiven Protesten reichen. Konflikte beziehen sich nicht nur auf die möglichen technikbezogenen Vor- und Nachteile einer Anlage, sondern umfassen auch Fragen nach der zugrundegelegten Vision gesellschaftlicher Entwicklung. Wohin wollen wir uns bewegen? Was sind die Leitbilder für unser Leben, was sind Grundwerte, welche technische Entwicklung ist für die Gestaltung einer wünschenswerten Zukunft die angemessene? Damit verbunden ist die Sorge um Politikversagen oder Systemversagen sowie die Erfahrung von Verteilungsungerechtigkeiten bei der Aufteilung von Lasten und Nutzen auf unterschiedliche Bevölkerungsteile oder Regionen. Durch die „economy of scale“ lohnt es sich finanziell, Anlagen zu zentralisieren, wodurch es aber zu einer gewissen ungleichen Verteilung von Lasten und von Nutzen kommt. Diese Ungerechtigkeiten werden entsprechend sozial und politisch als Konfliktstoff virulent.

Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich auf die externe Technik, weil vor allem sie zur Akzeptanzverweigerung einlädt. Innerhalb des breiten Feldes der externen Technik dominieren heute vier große Konfliktfelder: Energie, vor allem die Kerntechnik; größere Chemieanlagen; die Anwendungen der Gentechnik in Landwirtschaft, Ernährung und Reproduktionsmedizin sowie seit knapp zehn Jahren elektromagnetische Wellen durch Handys und Sendemastanlagen. Während in den achtziger und neunziger Jahren noch Abfallanlagen und die Informationstechnik, insbesondere Großcomputer, im Mittelpunkt der öffentlichen Auseinandersetzung standen, hat sich heute auf diesen Technikfeldern eine deutliche Entspannung eingestellt. Die Entwicklung geht also nicht immer in Richtung verstärkter Akzeptanzprobleme, sondern häufig auch in die gegenteilige Richtung.

3. Technikakzeptanz im sozialen Kontext

Nach der Entscheidung, die Kernenergie auslaufen zu lassen, konzentriert sich die Skepsis der Deutschen auf das Feld der

Gentechnik. Obwohl die medizinische Anwendung (dabei vor allem die Reproduktionsmedizin, die im strengen Sinne gar nichts mit Gentechnik zu tun hat) zu Beginn der Gentechnikdebatte den Brennpunkt der Auseinandersetzung markierte, hat sich die Diskussion im Verlauf der neunziger Jahre auf die Anwendung der Gentechnik im Lebensmittelbereich und im Bereich der Agrarindustrie verlagert. Inzwischen spielen auch gentechnische Verfahren bei der Reproduktionsmedizin wieder eine wichtige Rolle. Diese Skepsis gegenüber der Gentechnik könnte sich in Zukunft auch auf die Nanotechnologien ausweiten.

Das generelle Unbehagen an der Gentechnik macht sich an den Anwendungen fest, in denen der Nutzen am wenigsten einsichtig ist. Wo der Nutzen groß ist, wie in der Medizin, kann man auch bei größerem Unbehagen schlecht dagegen sein. Unvorstellbar, gegen Gentechnik zu Felde zu ziehen, wenn diese verspricht, Krebserkrankungen zu heilen. Ob eine haltbarere Tomate so wichtig ist, dass man dafür Gentechnik eingesetzt sehen möchte, selbst wenn das Risiko gering sein sollte, ist dagegen wesentlich weniger einsichtig. In diesem Gedankengang wird die am wenigsten nutzenbezogene Anwendung mit all den Nachteilen und Bedenken befrachtet, die für die Gentechnik insgesamt gelten.

Diese Art von Argumentation verführt schnell zu sagen: Die Bevölkerung reagiert irrational. Aber man sollte sich die Mühe machen, den weitverbreiteten Gedankengang Schritt für Schritt nachzuvollziehen, um zu verstehen, wie es zu dieser Reaktion kommt und wie sie begründet ist. Das heißt nicht, dass man eine solche Kanalisierung von Unbehagen auf eine (eher risikoarme) Anwendung billigen muss, aber die Kanalisierung von Unbehagen an einer Produktionsmethode auf ein wenig nutzensteigerndes Produkt entspricht durchaus einem rationalen Kalkül.

Ein weiteres Vorurteil gegenüber der intuitiven Technikbewertung in der Bevölkerung bedarf der Klarstellung. In vielen Aufsätzen wird immer wieder von einer technikfeindlichen Fraktion der Öffentlichkeit gesprochen, die angeblich gegen alles sei: Kernenergie, Gentechnik, Verbrennungsanlagen, Flughäfen usw. Die empirische Sozialforschung ergibt in dieser Frage ein wesentlich differenzierteres Bild.

Technikeinstellungen variieren erheblich von Gruppe zu Gruppe, von Technik zu Technik und von Anwendungsfeld zu Anwendungsfeld. Konsistente Einstellungen über mehr als drei Technikfelder hinweg gibt es nach dem letzten Euro-Barometer in der Europäischen Gemeinschaft bei nur 30 Prozent der Befragten.

„Politisch wirksamer Protest ist nur in geringem Maße eine Funktion von Einstellung als vielmehr von Handlungsbereitschaft.“

Diese Überlegung führt zu einem weiteren häufig verbreiteten Missverständnis im Zusammenhang von Akzeptanz und Technikverhinderung. Wie viele Gegner es im Fall einer bestimmten Technik gibt und wie die Einstellungen im einzelnen verteilt sind, ist letztlich wenig relevant für die Durchsetzungsfähigkeit von Akzeptanzverweigerung. Diese Feststellung mag zunächst verwundern, sind doch Meinungsbefragungen zu Technikeinstellungen beliebte Argumentationshilfen für die eine oder andere Seite. Politisch wirksamer Protest ist nur in geringem Maße eine Funktion von Einstellung als vielmehr von Handlungsbereitschaft. Mit Handlungsbereitschaft ist gemeint, dass sich die Menschen konventionell oder auch unkonventionell für ihre Technikeinstellung aktiv einsetzen. Um eine Technik zu verhindern, ist es nicht unbedingt erforderlich, dass sich mehr als 50 Prozent dagegen aussprechen. Umgekehrt heißt auch eine mehr als 50prozentige Ablehnung nicht, dass die jeweilige Technik in Akzeptanzschwierigkeiten gerät. Wir haben viele Techniken, beispielsweise Raffinerien, die bei Befragung mehr ablehnende Meinungen hervorrufen als selbst die umstrittene Kernenergie. Dennoch gibt es keine Akzeptanzkrise für Raffinerien.

Um in einer Demokratie etwas erfolgreich zu ändern, benötigen soziale Bewegungen aktive Mitstreiter, die handlungsbereit sind. Die Handlungsbereitschaft ist vor allem eine Funktion der Polarisierung der Meinungen, denn je stärker jemand von einer Meinung überzeugt ist und je mehr

er an die Notwendigkeit seines eigenen Engagements glaubt, da sonst die andere Seite das Übergewicht erlangen könnte, desto eher ist er bereit, eigene Zeit und Mittel in Aktionen zu investieren. Eine allgemeine Faustregel lautet: Wenn mehr als drei Prozent der Bevölkerung sich aktiv politisch einsetzt, kann sie in einer Demokratie alles verhindern und oft auch Neues durchsetzen. Drei Prozent von 80 Millionen Deutschen ist eine große Zahl, die medienwirksam jeden Politiker aufschrecken wird. Dennoch sind sie nur eine verschwindende Minderheit. Ob hinter einer aktiven Minderheit eine Mehrheit von Sympathisanten steht, ist von Fall zu Fall verschieden.

Hierzu noch einmal das Beispiel Kernenergie: Dort gab es bis etwa 1986 einen gleichen Anteil extremer Befürworter wie extremer Gegner. Von den extremen Befürwortern waren ungefähr 0,2 Prozent handlungsbereit, bei den extremen Gegnern aber rund neun Prozent. Insofern war es auch kein Wunder, dass die Gegner in der öffentlichen Meinung den Ton angaben. Natürlich müssen sich auch handlungsbereite Minderheiten einer großen Zahl von Sympathisanten sicher sein, wollen sie in einer politischen Arena Erfolg verbuchen. Aber dies braucht keineswegs die Mehrheitsmeinung widerzuspiegeln. Das beliebte Spiel der Politiker, bei Meinungsumfragen nach den 50 Prozent-Quoten zu spielen, ist in der Regel wenig hilfreich. Viel wichtiger ist es, die Zahl der Handlungsbereiten und den Grad der Polarisierung eines Themas in der Öffentlichkeit zu kennen.

4. Das Erlebnis der Ambivalenz von Technik

Auch wenn Mehrheiten und Minderheiten in Technikdebatten keinen direkten Aufschluss darüber geben, welche Technik unter Akzeptanznöten leidet, so ist auch klar, dass sich ohne ein breites Unbehagen an einer externen Technik erst gar keine Handlungsbereitschaft entfalten kann. Mehr als drei Prozent der Bevölkerung zu mobilisieren ist nur dann realistisch, wenn sich an der entsprechenden Technik die Gemüter reiben. Das Unbehagen an der Gentechnik, der Kernenergie und anderen externen Techniken, die in Akzeptanzschwierigkeiten geraten sind, muss seine Ursache in erlebten Eigenschaften dieser

Techniken haben. Ausschlaggebend ist dabei die Sorge, dass die Folgen des wissenschaftlich-technischen Wandels zunehmend als Belastung wahrgenommen werden. Gleichzeitig sind die Menschen aber auch von den Annehmlichkeiten der Technik überzeugt. Ihre Haltung ist demnach von Ambivalenz geprägt. Ambivalenz bedeutet keineswegs Technikfeindlichkeit, wie dies in vielen Reden und Aufsätzen immer wieder verkündet wird. Ambivalenz heißt: Erfahrung der Gleichzeitigkeit von positiven und negativen Folgen von Technik und auch eine gewisse Verunsicherung, wohin der Zug der Technik in Zukunft fahren wird. Auf der einen Seite steht die Hoffnung, durch Technik die Lebensumstände verbessern zu können, auf der anderen Seite die Befürchtung, durch die Fortentwicklung der Technik die Lebensgrundlagen des Menschen zu gefährden.

„Ambivalenz heißt: Erfahrung der Gleichzeitigkeit von positiven und negativen Folgen von Technik und auch eine gewisse Verunsicherung, wohin der Zug der Technik in Zukunft fahren wird.“

Die zunehmende Sichtweise von Technik als ein ambivalentes Phänomen ist kein deutsches Problem. Erlebte Ambivalenz ist in allen Staaten zu beobachten. Es gibt nur unterschiedliche soziale und auch politische Systeme, wie mit wahrgenommener Ambivalenz politisch umgegangen wird. Frankreich, das oft von technikfreundlichen Zeitgenossen als Vorbild in der Bewältigung von erlebter Ambivalenz hervorgehoben wird, hat seine spezifischen Akzeptanzprobleme. In einem zentralistischen System braucht es ein erhebliches Maß an Akzeptanzentzug oder Akzeptanzverweigerung, ehe sich dieser Protest politisch wirksam durchsetzen kann. Wird der Protest aber politisch wirksam, dann radikal. Die Deutschen dagegen sind schneller bereit, auf Anzeichen der Akzeptanzverweigerung politisch zu reagieren (vielleicht manchmal zu schnell), aber der gro-

ße Vorteil dieser politischen Sensibilität besteht darin, politische Kompromisse zu ermöglichen, den Dialog aufrechtzuerhalten. Dieser Vorteil der politischen Kultur in Deutschland ist nicht zu unterschätzen. Ambivalenz umfasst zwei wesentliche Aspekte: das Erlebnis von Komplexität sowie die schmerzhaft Erfahrung der Notwendigkeit von Zielkonflikten. Komplexität und Zielkonflikte werden auch in der Bevölkerung als schmerzliche Begleiterscheinungen der erlebten Ambivalenz wahrgenommen. Unter Ingenieuren und Technikern finden wir oft Unverständnis oder auch Unkenntnis über die erlebte Ambivalenz. Da wird lamentiert über die Technikfeindlichkeit der Deutschen, ohne zu erkennen, dass hinter dieser angeblichen Technikfeindlichkeit die Sorge steht, dass unsere Gesellschaft angesichts der Komplexität und der schmerzhaften Zielkonflikte bei technischen Entscheidungen nicht über genügend Bewältigungskapazität verfügt, um eine verantwortbare Entwicklung voranzutreiben. Mag sein, dass in der Öffentlichkeit die Möglichkeit der Steuerung der Technik durch Gesellschaft maßlos überschätzt wird, gleichzeitig unterschätzt aber der andauernde Hinweis auf Sachzwänge und Wettbewerbsfähigkeit die flexiblen Gestaltungsmöglichkeiten unserer Gesellschaft. Wenn der Gesichtspunkt der Gestaltbarkeit aus den Augen verloren wird, dann gibt es auch keine Möglichkeit der Verständigung mehr zwischen den Entwicklern von Technik auf der einen und ihren Kritikern auf der anderen Seite. Ambivalenz, Komplexität und Zielkonflikte sind die Stichworte, die wir für die zukünftige Technik- und Forschungspolitik beachten und als wichtige Themen der Kommunikation beherzigen müssen.

5. Notwendigkeit der Technik-Kommunikation

Man wirft uns Soziologen immer wieder vor, dass wir uns zwar auf die Diagnose gesellschaftlicher Probleme verstehen, aber dann in tiefes Schweigen verfallen, wenn es um die Therapie geht. Dieser Vorwurf ist zum Teil berechtigt. Das Phänomen Gesellschaft ist ausgesprochen komplex, das Verhalten des Menschen ist nur in begrenztem Maße vorhersehbar, vor allem aber wimmelt es im sozialen Bereich von den in der Physik erst jüngst

erkannten Nicht-Linearitäten und chaotischen Zuständen. Gesellschaft planmäßig zu verändern, ist nicht so einfach, wie beispielsweise die Veränderung einer Maschine. Trotzdem sei hier ein Vorschlag präsentiert, wie wir mit einigen der oben skizzierten Technikproblemen umgehen können.

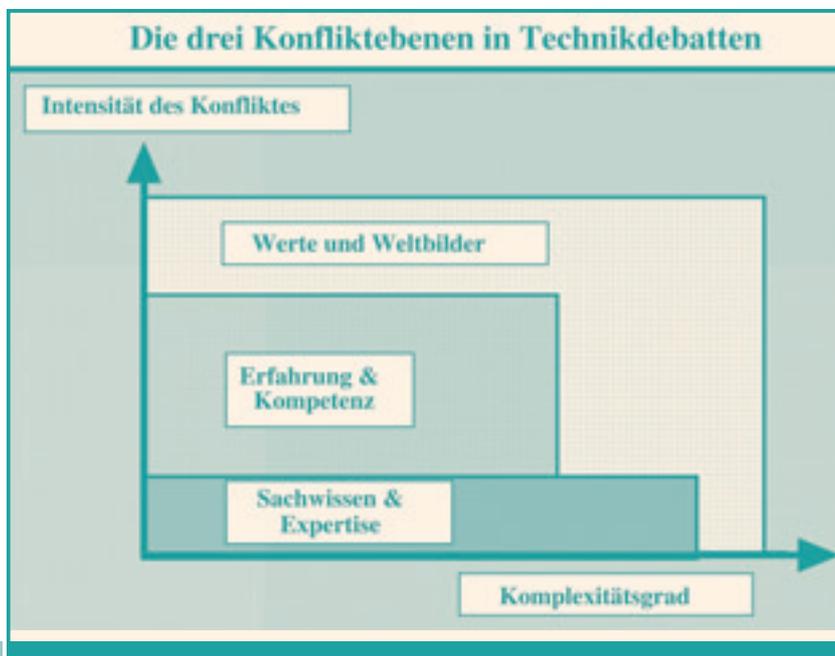
„Gesellschaft planmäßig zu verändern, ist nicht so einfach wie beispielsweise die Veränderung einer Maschine.“

Es geht dabei um die Technik-Kommunikation. Hier ist wesentlich, dass Kommunikation Verständigung bedeutet. Die Bereitschaft zum Dialog muss auch dort vorliegen, wo unterschiedliche Wertmuster aufeinanderprallen. Dazu gehört, die Kommunikation auf jene Zielgruppe aus-

müssen wir uns auf die Anliegen und Bedürfnisse derjenigen einstellen, die wir mit den Informationen erreichen wollen.

Bei Technikdebatten geht es meist um drei Ebenen der Argumentation (**T.02**): Die erste Ebene betrifft das Sachwissen und die Expertise, die zweite die Erfahrung und Kompetenz derjenigen, die Technik einsetzen und kontrollieren, und die dritte Ebene umfasst die Frage von Lebensstil und erwünschter Zukunft, in dem die entsprechende Technik ihren Platz hat oder auch nicht. Debatten in der ersten Kategorie sind häufig sehr komplex, weil enormes Sachwissen erforderlich ist. Der Grad des Konfliktes ist dagegen geringer, weil über Sachfragen nach methodischen Regeln entschieden werden kann oder zumindest falsche Behauptungen ausgeschlossen werden können. Die zweite Ebene ist durch einen geringeren Komplexitätsgrad gekennzeichnet, die Konfliktstärke nimmt jedoch gegenüber der ersten Ebene zu. Hierbei geht es vor allem um nachgewiesene Kompetenz und Glaubwürdigkeit: Wie glaubwürdig hat die jeweilige Institution in der Vergangenheit ihre Kontrollfunktion ausgeübt? Wie glaubwürdig sind die Veröffentlichungen in der Vergangenheit gewesen? Musste die Institution unter Druck etwas zurücknehmen? Hat sie einmal gelogen? Hat sich das Management unter Schwierigkeiten oder in einer Krisensituation als kompetent erwiesen? Zufriedenstellende Antworten auf diese Fragen sind für die Akzeptanzforderungen der Technikentwickler und -nutzer entscheidend, denn es geht nicht nur um die möglichen Auswirkungen von Techniken, sondern auch um die bisherigen Erfahrungen im Umgang und in der Kontrolle mit der jeweils vorgeschlagenen Technik.

Debatten auf der dritten Ebene fragen nach dem tieferen Grund für eine Technikentwicklung oder ihren Einsatz. Brauchen wir das überhaupt? Wie sieht unsere Vision für die Zukunft aus? Die einen behaupten, wir brauchen mehr und bessere Technik, um die Probleme der Überbevölkerung, des gesellschaftlichen Wandels, der Veränderungen unserer Umwelt lösen zu können. Die anderen sagen: Die Technik hat uns überhaupt erst diese Probleme eingebrockt, wir sollten nicht mit Belzebub den Teufel austreiben wollen. Diese beiden Weltbilder konkurrieren miteinander und man kann sich dieser Diskussion



zurichten, mit der eine Verständigung stattfinden soll. Ingenieure geben beispielsweise gerne Antworten auf Fragen, die keiner gestellt hat, und lassen die Fragen unbeantwortet, die von den Betroffenen einer Technikentwicklung an sie herangetragen werden. Wenn wir mit anderen ins Gespräch kommen wollen, dann

nicht einfach dadurch entziehen, dass man sich für das „Ideologische“ nicht kompetent fühlt. Man erwartet vom Ingenieur wie vom Naturwissenschaftler, dass sich beide an der Auseinandersetzung um die Gestaltung gesellschaftlicher Leitbilder aktiv beteiligen.

Das Problem ist, dass sich diejenigen, die Technik entwickeln und sich dafür einsetzen, in öffentlichen Diskussionen mit Vorliebe auf den ersten Bereich zurückziehen. Beim Sachwissen fühlen sie sich sicher, das haben sie gelernt. Das kann man zwar subjektiv verstehen, nur die Debatte findet auch auf den beiden anderen Ebenen statt, sogar vorrangig auf den beiden anderen Ebenen. Deshalb kommt keine Verständigung zustande. Extreme Beispiele für das permanente aneinander Vorbeireden sind Anhörungen. Eine Analyse vieler Anhörungen zeigt, wie sich die Experten auf dem Podium unter dem Geschrei und Gezeter der Zuhörerschaft abmühen, die kompliziertesten technischen Dinge darzulegen, die für die Zuhörer völlig irrelevant sind. Frustrationen sind dann vorprogrammiert. Der Experte fühlt sich von der Politik verschaukelt und zum Prügelknaben degradiert. Die Zuhörer fühlen sich in ihren Anliegen, die oft nicht auf der ersten Ebene liegen, unverstanden und nicht ernst genommen. An dieser Stelle sind auch strukturelle Veränderungen im Umgang von Behörden, Unternehmen und Öffentlichkeit gefragt. Wir müssen lernen, auf allen drei Ebenen ein aufeinander bezogenes Gespräch zu führen. Wenn wir an dieser Stelle versagen, wird aus dem Phänomen der mangelnden Technikakzeptanz schnell eine akute Akzeptanzkrise.

6. Trends

Die großen Trends der Akzeptanzentwicklung gegenüber Technik lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Es gibt keine generelle Technikfeindlichkeit in Deutschland, wie vielfach in der Presse behauptet. Vor allem in Hinblick auf Konsumtechnik und Technik am Arbeitsplatz sind die Deutschen eher technikfreundlich. Auf Akzeptanzprobleme stoßen technische Anlagen und Produkte allerdings dort, wo sie uns als Nachbar begegnen. Unter diesen so genannten externen Techniken gibt es vier Technikfelder, die in der Gesellschaft stark umstritten sind: Energie, elektromagnetische Wellen, Gentechnik und Chemie.
- Die generelle Einstellung der Bevölkerung zur Technik ist durch erlebte Ambivalenz geprägt. In den fünfziger bis Mitte der sechziger Jahre war die Mehrheit der westdeutschen Bevölkerung noch davon überzeugt, dass die Technik überwiegend positive Auswirkungen habe. Das hat sich im Verlauf der letzten 30 Jahre deutlich geändert, hier haben wir eine Art Kulturrevolution oder besser Visionsrevolution durchgemacht – und diese Kulturrevolution lässt sich nicht mehr umkehren.
- Die ambivalente Haltung gegenüber Technik ist weit gehend auf Umweltprobleme bezogen. Wenn die Meinungsforschungsinstitute fragen „Was sind die negativen Auswirkungen – ganz allgemein – der Technik?“, stehen Umweltbelastungen immer wieder an vorderer Stelle der Besorgnisse.
- Das Erlebnis der Ambivalenz in der Bewertung der Technik ist ein internationales Phänomen. Wir beobachten diese Ambivalenz beispielsweise auch in den Ländern, die oft als Vorbild einer technikfreundlichen Gesellschaft herausgestellt werden, etwa in Japan oder in den Vereinigten Staaten.
- Technikeinstellungen variieren innerhalb eines Landes stärker als zwischen ähnlichen Gruppen völlig unterschiedlicher Länder. Wenn wir Umweltschützer in Australien, in Mexiko, in USA, in Deutschland, in Argentinien nach ihren Technikbildern befragen, bekommen wir ähnliche Antwortmuster, als wenn wir etwa die Technikbilder von deutschen Ingenieuren und deutschen Umweltschützern miteinander vergleichen.

Akzeptanz bedeutet nicht Akzeptabilität.

Was als Technik eingesetzt werden soll, kann und darf nicht allein durch die faktische Akzeptanzbereitschaft der Bevölkerung bestimmt werden. Verantwortbare Technologie- und Wissenschaftspolitik muss sich auch am Leitgedanke des langfristigen Nutzens für die Gesellschaft orientieren. Dieser Nutzen darf weder kurzfristigen Interessen, noch unbegründeten Ängsten geopfert werden. So sollten einerseits die Wahrnehmungen der Bevölkerung das gesicherte Fachwissen nicht ersetzen, andererseits dürfen die Experten keine politischen Urteile treffen, die nur den demokratisch legitimierten Gremien

DER AUTOR



PROF. DR. DR. H.C. ORTWIN RENN

ist Ordinarius für Umwelt- und Techniksoziologie an der Universität Stuttgart und Direktor des zur Universität gehörigen Interdisziplinären Forschungsschwerpunkts Risiko und Nachhaltige Technikentwicklung am Internationalen Zentrum für Kultur- und Technikforschung (ZIRN). Seit 2006 bekleidet er das Amt des Prodekan der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät und ist Geschäftsführender Direktor des Instituts für Sozialwissenschaften. Neben seinem Engagement an der Universität Stuttgart gründete Renn die DIALOGIK gGmbH, ein gemeinnütziges Forschungsinstitut, dessen Hauptanliegen in der Erforschung und Erprobung innovativer Kommunikations- und Partizipationsstrategien in Planungs- und Konfliktlösungsfragen liegt. Nach seiner Ausbildung in Volkswirtschaftslehre, Soziologie und Sozialpsychologie und anschließender Promotion an der Universität Köln arbeitete Renn als Wissenschaftler und Hochschullehrer in Deutschland, den USA und der Schweiz. Seine berufliche Laufbahn führte ihn über das Forschungszentrum Jülich, eine Professur an der Clark University in Worcester/Massachusetts (USA) und eine Gastprofessur an der ETH Zürich nach Stuttgart. Von 1998 bis 2003 leitete er die Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg. Ortwin Renn verfügt über mehr als dreißigjährige Erfahrung auf dem Feld der Risikoforschung, der Technikfolgenabschätzung sowie der Einbindung von Interessengruppen und der allgemeinen Öffentlichkeit bei der Lösung konfliktgeladener Themen. Ortwin Renn hat zahlreiche Preise und Auszeichnungen erhalten. Unter anderem erhielt er die Ehrendoktorwürde der ETH Zürich (Dr. sc. h.c.) und den „Distinguished Achievement Award“ der Internationalen Gesellschaft für Risikoanalyse (SRA). Er ist Mitglied nationaler und internationaler Akademien der Wissenschaft (z. B. der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und des Panels on Public Participation der US Academy of Sciences). Seit 2008 ist Renn Mitglied im Präsidium von ACATECH. Zu den Publikationen von Ortwin Renn gehören über 30 Monografien und editierte Sammelbände sowie mehr als 200 wissenschaftliche Publikationen.

Kontakt

Zentrum für interdisziplinäre Risikoforschung und nachhaltige Technikgestaltung (ZIRN)
 Universität Stuttgart, Seidenstraße 36, 70174 Stuttgart
 Tel. 0711 | 6858 4970
 Fax: 0711 | 6858 4295
 E-Mail: ortwin.renn@sowi.uni-stuttgart.de, Internet: www.zirn-info.de

oder den Betroffenen selbst zustehen. Um diese Gratwanderung erfolgreich zu meistern, kann die Akzeptanzforschung dazu beitragen, die Anliegen und Zukunftsvorstellungen der Menschen besser kennen zu lernen und sie in aktive Technik- und

Politikgestaltung einzubinden. Damit übernimmt Akzeptanzforschung eine Dienstleistungsfunktion zur Verbesserung der Kommunikationsfähigkeit zwischen den sozialen Teilsystemen.

Ortwin Renn

Weiterführende Literatur des Autors

- Renn, O. und M. Zwick, M.: *Risiko- und Technikakzeptanz* (Springer: Berlin 1997)
- Renn, O.: Alter Wein in neuen Schläuchen oder neuer Wein in alten Schläuchen? Anmerkungen zur aktuellen Debatte um Gentechnik und Genomanalyse. In: L. Honnefelder und P. Propping, (Hrsg.): *Was wissen wir, wenn wir das menschliche Genom kennen?*, Köln (Du Mont 2001), Seiten 295–300
- Renn, O.: Symbolkraft und Diskursfähigkeit. Die neue Technik in der öffentlichen Wahrnehmung. In: *Politische Ökologie*, Sonderheft „Genopoly. Das Wagnis Grüne Gentechnik“, Heft 81–82 (2003), Seite 27
- Renn, O.; Schweizer, P.-J., Dreyer, M. und Klinke, A.: *Risiko. Eine interdisziplinäre und integrative Sichtweise des gesellschaftlichen Umgangs mit Risiko*. München (ÖKOM Verlag: 2007)

Virtuelle Charaktere

Kulturelle Prägungen der Mensch-Maschine-Interaktion

Durch die Verbreitung von virtuellen Räumen im Internet – Second Life ist ein Beispiel hierfür – kommen immer mehr Menschen in Kontakt mit Avataren und künstlichen selbst entscheidenden Interaktionspartnern, so genannten virtuellen Charakteren. Die globale Natur des Internets bringt es mit sich, dass diese künstlichen Charaktere unterschiedliche kulturelle Prägungen aufweisen – eine Folge der kulturellen Zugehörigkeit ihrer menschlichen Schöpfer.

Durch diese Entwicklung ergeben sich interessante Fragestellungen für die Mensch-Maschine-Interaktion. Wie reagiert beispielsweise ein Asiat auf eine von einem Europäer entwickelte Figur? Helfen uns virtuelle Charaktere, andere Kulturen besser zu verstehen und kulturelle Barrieren zu überwinden? Neuere Forschungen beschäftigen sich mit der expliziten Modellierung kulturellen Verhaltens und dessen Simulation durch virtuelle Charaktere. Der vorliegende Artikel thematisiert das Imitieren von nichtverbalen Verhaltensweisen und Untersuchungen zu deren Wahrnehmung in einem multikulturellen Kontext.



1. Einleitung

Vor einiger Zeit präsentierte mir ein japanischer Kollege auf einer Konferenz eine animierte Cartoonfigur, die dem Benutzer touristische Information in japanischer Sprache vermittelte. Mir fiel auf, dass der virtuelle Charakter Blickkontakt mit mir vermied und stattdessen häufig nach unten schaute. Obwohl es sich nur um eine künstliche Figur handelte, war ich über das Verhalten des Charakters irritiert, bis mir der japanische Kollege erklärte, dass der Charakter lediglich eine Verbeugung andeuten wollte. Das Beispiel zeigt, dass kulturelle Missverständnisse nicht nur bei der zwischenmenschlichen Kommunikation, sondern auch bei der Interaktion mit virtuellen Charakteren auftreten können.

Streng genommen handelte es sich bei dem virtuellen Charakter nicht um einen Angehörigen der japanischen Kultur, sondern eher um den Vertreter einer künstlichen Kultur, die die japanische Kultur unzulänglich imitierte. Meine Irritation war darauf zurück zu führen, dass die Figur Kopfbewegung und Körperhaltung dieser fremden Kultur als unpassend empfand. Ein Blick auf die Microsoft Agent Ring Webseite¹ zeigt, dass künstliche Charaktere sehr stark von westlichen Kulturnormen geprägt sind. Nur wenige Charaktere gehören einer nicht-westlichen Kultur an und weisen im Vergleich zu den westlich orientierten Charakteren ein stark reduziertes Verhaltensrepertoire auf. Sengers [1] spricht von einer „McDonaldisierung“ von Charakteren, um zu verdeutlichen, dass

¹ www.msagentring.org/chars.aspx

deren Design und Verhalten stark von der amerikanischen Kultur dominiert wird. Abgesehen davon, dass allen Benutzern Charaktere, die westliche Kulturen reflektieren, aufgezwungen werden, besteht die Gefahr, dass Charaktere nicht von Benutzern akzeptiert werden, die aus einem anderen Kulturkreis stammen. In der Tat haben Nass und Kollegen [2] festgestellt, dass Benutzer dazu tendieren, einem Charakter, der derselben Kultur angehört, eher zu vertrauen, als einem Charakter, der einer anderen Kultur angehört.

Kultur spiegelt sich nicht nur durch die visuelle Erscheinung eines Charakters wieder, sondern gerade auch durch deren Verhaltensweisen. So ist die Kommunikation mittels Sprache, Gestik, Mimik und Körperhaltung sehr stark von kulturspezifischen Aspekten geprägt. Dennoch gibt es erst sehr wenige Forschungsprojekte, die kulturspezifisches Verhalten explizit modellieren. Ein Grund dafür ist, dass das für eine Verhaltensmodellierung notwendige Wissen nur mit großem Aufwand zu erfassen ist. Erst in jüngster Zeit wird der kulturellen Prägung der Mensch-Maschine-Interaktion durch virtuelle Charaktere mehr Aufmerksamkeit gewidmet.

Zum einen wird untersucht, wie virtuelle Charaktere, die eine bestimmte Kultur reflektieren von Menschen verschiedener Kulturen wahrgenommen werden. Dahinter steht das Ziel, Charaktere besser an die jeweilige Kultur anzupassen und somit deren Akzeptanz und Wirkung zu verbessern. Zum anderen beschäftigen sich Forscher damit, wie kulturspezifisches Verhalten systematisch erfasst und von virtuellen Charakteren imitiert werden kann. Innerhalb einer Simulationsumgebung soll dann ein spielerischer Erwerb kultureller Kompetenz ermöglicht werden.

Im Folgenden sollen aktuelle Forschungsarbeiten vorgestellt werden, die sich mit der Imitation kulturspezifischen Verhaltens anhand virtueller Charaktere beschäftigen. Zunächst wird der Einsatz von virtuellen Charakteren für interkulturelles Coaching diskutiert. Anschließend wird ein Ansatz zur Simulation von kulturadäquaten Verhaltensweisen beschrieben, der im Rahmen des DFG-Projekts CUBEG entwickelt wurde. Wie künstliche Figuren, die eine bestimmte Kultur reflektieren, von menschlichen Betrachtern wahrgenommen werden, soll abschließend behandelt werden.

2. Virtuelle Charaktere zur Vermittlung von Kulturkompetenz

Beim Umgang mit einer fremden Kultur sind nicht nur Sprachkenntnisse gefragt. Nicht weniger wichtig ist ein adäquates nicht-verbales Verhalten. In der Tat sind viele ungewollte Kränkungen und Peinlichkeiten meist auf Fehler bei der nichtverbalen Kommunikation zurückzuführen. Wie begrüße ich mein Gegenüber? Reiche ich ihm die Hand? Oder deute ich nur eine leichte Verbeugung an?

Rollenspiele mit virtuellen Charakteren, die auf Sprache, Gestik, Mimik und Körperhaltung bei der Kommunikation zurückgreifen, bergen Potential zur Vermittlung von Kulturkompetenz. Der Vorteil gegenüber einem Lehrfilm oder -buch besteht darin, dass der Benutzer kulturspezifische Umgangsformen praktisch einüben kann, indem er mit virtuellen Repräsentanten der fremden Kultur interagiert. In einer Simulationsumgebung kann getestet werden, wie Angehörige einer fremden Kultur auf das eigene Verhalten reagieren, ohne dass es gleich zu unwiderruflichen Zerwürfnissen kommt.

Hofstede [3] skizziert drei Phasen zum Trainieren kultureller Kommunikationsfähigkeiten. Zunächst einmal muss sich der Lernende kultureller Unterschiede bewusst werden und diese akzeptieren. Diese Phase könnte durch Szenarien mit virtuellen Charakteren unterstützt werden, in denen solche Unterschiede zu beobachten sind. In der zweiten Phase wird explizites Wissen über eine andere Kultur erworben. In dieser Phase könnten Charaktere dem Benutzer Wissen über ihre Kultur vermitteln und ihm u. a. die Bedeutung spezieller Gesten vermitteln. Laut Hofstede lassen sich bereits durch die ersten beiden Phasen die größten Schnitzer bei der interkulturellen Kommunikation vermeiden. In der dritten Phase werden die erworbenen Fähigkeiten dann in die Praxis umgesetzt, wobei sich der Lernende in

SUMMARY

The prevalence of virtual rooms on the internet – Second Life is a well-known example – brings more and more people in touch with avatars and artificial self-deciding interaction partners – so called virtual characters. Due to the global nature of the internet, these characters reflect a variety of cultures – a direct consequence of the cultural background of their human creators. This development gives rise to a number of issues that require further research in the area of man-machine interaction. How does an Asian, for instance, respond to a character developed by a European? Do virtual characters help us develop a better understanding of other cultures and overcome cultural barriers? Recent research focuses on the explicit modelling of cultural behaviour and its simulation by means of virtual characters. The present article discusses the imitation of non-verbal behaviours and reports on studies that investigate how they are perceived in a multi-cultural context.



01

Tactical Language System, Used with permission of Dr. L. W. Johnson, Copyright remains with the author.

seinem Verhalten an die neue Kultur anpasst. Diese Phase kann durch Interaktion mit virtuellen Charakteren einer fremden Kultur in einem Simulationsszenario unterstützt werden. Hierzu ist es notwendig, dass Charaktere verbale und nicht-verbale Benutzerinteraktionen erkennen und dynamisch auf das Verhalten der Lernenden reagieren. Im Folgenden werden einige Systeme zur Vermittlung von Kulturkompetenz vorgestellt.

Eines der ersten Systeme, das virtuelle Charaktere zur Schulung kulturadäquater Verhaltensweisen einsetzt, ist Tactical Language [4]. Per Spracheingabe interagieren auszubildende Soldaten mit der virtuellen zivilen Bevölkerung in besetzten Gebieten, z.B. in einer virtuellen Umgebung, die einem realen Einsatzort im Irak nachempfunden ist. Dabei dient das Tactical Language System sowohl als Sprach- als auch als Kulturtrainer. Bei korrektem Verhalten des Lernenden bauen die virtuellen Charaktere Vertrauen auf und geben dem Soldaten bereitwillig Information, die er zur Erfüllung seiner Mission braucht. Ein inadäquates Verhalten, wie z.B. das versäumte Abnehmen von Sonnengläsern, würde hingegen zu Konflikten mit der Bevölkerung führen. Um Frustrationserlebnisse bei Lernenden zu vermeiden, sind die virtuellen Charaktere in einer frühen Lernphase toleranter gegenüber Fehlern.

In dem DFG-Projekt CUBE-G [5] sollen Manager anhand eines Rollenspiels mit virtuellen Charakteren, die die deutsche und die japanische Kultur reflektieren, kulturadäquates Verhalten erlernen. Dazu werden drei typische Alltagssituationen in Deutschland und in Japan simuliert: erstes Kennenlernen, Verhandlungsdialoge und Verhalten gegenüber Personen mit unterschiedlichem Status. Damit erhalten japanische Nutzer die Möglichkeit, im Rollenspiel mit virtuellen deutschen Charakteren deutsche Umgangsregeln einzuüben, während deutsche Nutzer sich in einer japanischen Simulationsumgebung mit den Gepflogenheiten der japanischen Kultur vertraut machen können.

Eine etwas andere Zielsetzung wird von Isbister und Kollegen [6] verfolgt. Sie setzen virtuelle Charaktere als Moderatoren ein, um die Kommunikation zwischen Studenten unterschiedlicher Kulturen anzuregen, die über ein Chat Interface miteinander interagieren. Eine Cartoonfigur mit dem Namen Helper Agent, die vom

Aussehen her an einen Hund erinnert, schaltet sich ein, sobald Stille in einer Konversation erkannt wird. In dem Fall streut Helper Agent neue Themen ein, um die Kommunikation wieder in Gang zu bringen. Eine Evaluation mit deutschen und japanischen Studenten hat ergeben, dass virtuelle Charaktere einen positiven Einfluss auf die Wahrnehmung eigener und fremder Kulturen haben können.

Das innerhalb des EU-Projekts e-Circus entwickelte ORIENT System [7] setzt beim Abbau kultureller Barrieren auf Rollenspiele mit virtuellen Charakteren. Hier interagieren Nutzer nicht mit simulierten real existierenden Kulturen, sondern mit Kreaturen aus einer Phantasiewelt. Um kulturellen Klischees keinen Vorschub zu leisten, haben sich die Entwickler von ORIENT bewusst dafür entschieden, jegliche Ähnlichkeit mit existierenden Kulturen zu vermeiden. Es geht in ORIENT weniger darum, spezielles Wissen über eine Kultur zu erwerben. Stattdessen soll der Benutzer durch Reflexion über das eigene Verhalten und das Verhalten anderer mehr Verständnis für andere Kulturen aufbringen. Letztendlich soll die Interaktion mit den Charakteren dazu führen, dass Benutzer interkulturelle Empathie entwickeln und ihre abwertende Haltung gegenüber Mitgliedern anderer Kulturen abbauen.

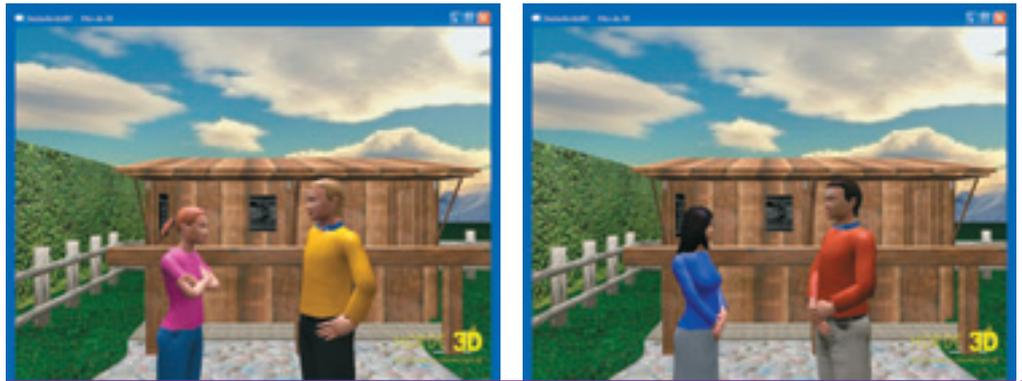
3. Modellierung kulturspezifischen Verhaltens durch virtuelle Charaktere

Bisher flossen kulturspezifische Aspekte eher implizit in das Design von Charakteren ein. D.h. die Entwickler haben unbewusst Verhaltensweisen kodiert, die ihrer eigenen Kultur entsprechen. Nur wenige Forschungsprojekte haben es sich zum Ziel gesetzt, kulturadäquates Verhalten explizit zu modellieren. Ein Beispiel ist das erwähnte CUBE-G Projekt [5]. In der psychologischen und sozialwissenschaftlichen Literatur findet sich eine Vielzahl von Studien, die das verbale und nicht-verbale Verhalten verschiedener Kulturen analysieren. Nichtsdestotrotz sind diese Studien in vielen Punkten nicht detailliert genug, um sich direkt auf ein computerbasiertes Modell übertragen zu lassen. Man erfährt sehr wenig über Abhängigkeiten zwischen Modalitäten, da viele Studien nur eine Modalität, wie z. B. Blickkontakt und

deren kulturspezifische Ausprägung untersuchen. Bei der Realisierung virtueller Charaktere führt eine isolierte Betrachtung von Phänomenen bei der zwischenmenschlichen Kommunikation jedoch zu einem inkonsistenten und wenig „natürlichen“ Verhalten.

Zentrale Idee von CUBE-G war die Kombination eines theoriegeleiteten Modellierungsansatzes mit einer empirischen Analyse multimodalen Verhaltens. Ausgangspunkt für die theoriegeleitete Modellierung waren die Arbeiten von Hofstede [8], der kulturelle Dimensionen zur Klassifikation von Kulturen vorschlägt: Machtdistanz, Individualismus/Kollektivismus, Maskulinität/Femininität, Unsicherheitsvermeidung, lang- oder kurzfristige Ausrichtung von Zielen. In der Literatur findet sich eine Vielzahl von Studien, die das kommunikative Verhalten von Kulturen mit unterschiedlichen Ausprägungen auf den Hofstede Dimensionen miteinander vergleichen. Laut Ting-Toomey [9] sind Begrüßungen in individualistischen Kulturen beispielsweise kürzer als in kollektivistischen Kulturen. Ting-Toomey stellt außerdem fest, dass Dialoge zwischen Deutschen eine andere Struktur aufweisen als Dialoge zwischen Japanern. Japaner gehören einer polychromen Kultur an, d. h. sie tendieren dazu, mehrere Dialogstränge gleichzeitig zu verfolgen. Im Gegensatz dazu gehören Deutsche einer monochromen Kultur an, d.h. sie tendieren dazu, ein Thema nach dem anderen zu diskutieren.

Um Zusammenhänge zwischen Kulturdimensionen und dem daraus resultierenden Verhalten zu repräsentieren, wurde auf Bayessche Netze zurückgegriffen, die sich bereits mehrfach bei der Modellierung von Agentenverhalten bewährt haben. Durch Einstellen bestimmter Parameter, wie die von Hofstede definierten kulturellen Dimensionen, kann ein Grundverhalten von Charakteren dynamisch modifiziert werden. Ein Vorteil von Bayesschen Netzen besteht in der Behandlung von Unsicherheit. So lässt sich z.B. modellieren, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine bestimmte Kultur einen mittleren sozialen Abstand einhält (03).



02

Cube G System: Die Körperhaltung der deutschen und japanischen Charaktere entspricht typischen Verhaltensweisen aus den aufgezeichneten Korpora. Deutsches Szenario (links), japanisches Szenario (rechts).

Der theoriegeleitete Ansatz wurde durch einen empirischen Ansatz zur Initialisierung des Bayesschen Netzes ergänzt. Dazu wurde in Zusammenarbeit mit japanischen Kollegen eine umfangreiche vergleichende Korpusstudie durchgeführt. Sowohl in Deutschland als auch in Japan wurden multimodale Korpora mit zwischenmenschlichen Interaktionen in drei typischen Situationen (erstes Kennenlernen, Verhandlungsdialoge und Verhalten gegenüber Personen mit unterschiedlichem Status) aufgezeichnet und analy-



03

siert. Zum Teil konnten dabei Erkenntnisse aus der Literatur zur Kulturforschung wie die oben erwähnten Beobachtungen von Ting-Toomey bestätigt werden. Auf der Grundlage des hier beschriebenen Ansatzes wurde ein System mit virtuellen Charakteren entwickelt, das multimodales Verhalten zweier unterschiedlicher Kulturen imitiert, wobei ein breites Spektrum

Stark vereinfachtes Bayessches Netz zur Modellierung des Zusammenhangs zwischen kulturellen Dimensionen und Verhaltensweisen:
 IDV = Individualismus/Kollektivismus,
 MAS = Maskulinität/Femininität,
 UAI = Unsicherheitsvermeidung,
 PDI = Machtdistanz,
 LTO = lang- oder kurzfristige Ausrichtung von Zielen.

multimodalen Verhaltens wie Sprache, Mimik, Körperhaltung, sozialer Abstand, Gestik und Gesprächspausen untersucht und realisiert wurde. Ein Teil davon findet sich in dem Bayesschen Netz in (03) wieder.

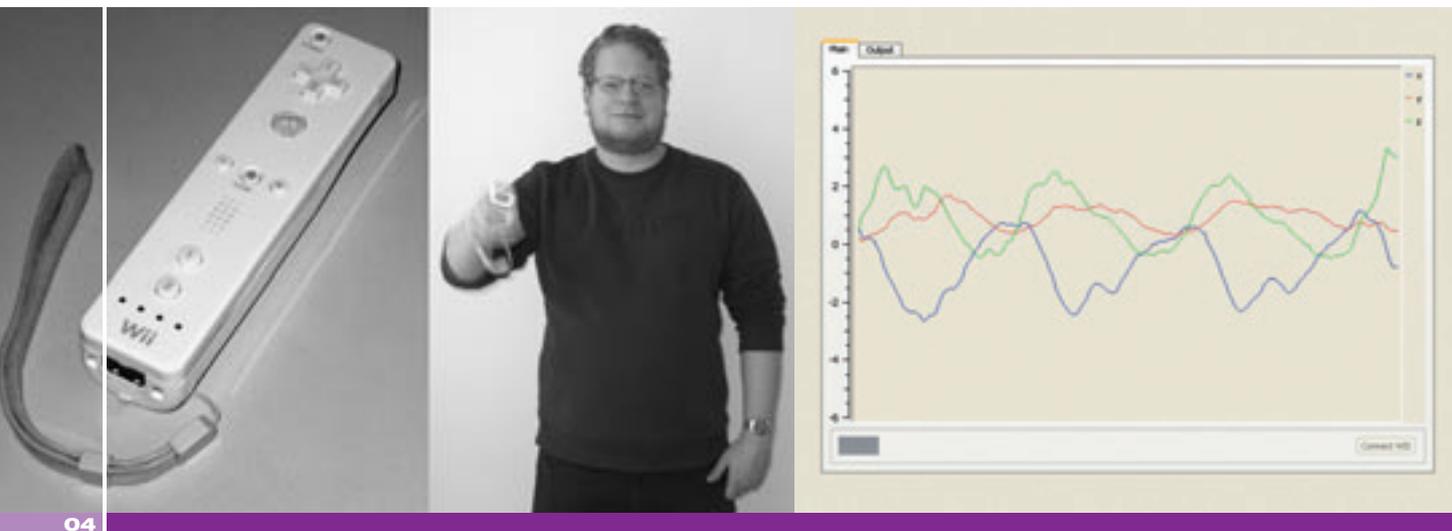
4. Kulturspezifische Interaktion mit virtuellen Charakteren

Ein in der Fachwelt viel zitiertes Problem bei der Modellierung von virtuellen Charakteren ist die Asymmetrie von Kommunikationskanälen. Während virtuelle Charaktere auf Sprache, Gestik und Mimik zurückgreifen, um mit menschlichen Benutzern zu interagieren, muss sich der menschliche Benutzer auf stark eingeschränkte Eingabemöglichkeiten, in vielen Fällen sogar nur getippte Sprache, konzentrieren. So können Nutzer von Tactical Language zwar in natürlicher Sprache mit Charakteren interagieren. Die dazu passende Gestik muss jedoch anhand eines Menüs ausgewählt werden.

Bayes, getestet, die Rohdaten, während der Benutzer interagiert, auf bestimmte Gestenklassen abbilden. Für die Realisierung des CUBE-G Systems waren vor allem zwei Arten der Einteilung in Klassen interessant:

Klassifikation von Emblemen

Embleme sind Gesten mit standardisierter Form und Bedeutung. Sie werden in vielen Fällen auch dann verstanden, wenn sie von keinerlei sprachlichen Äußerungen begleitet werden. Ein bekanntes Beispiel ist das Heben eines Daumens, um ein „Okay“ zu signalisieren. Viele Embleme sind kulturspezifisch. So hat die Bildung eines Rings mit Daumen und Zeigefinger in vielen Kulturen die Bedeutung von „Ausgezeichnet“, in Italien kann diese Geste aber auch als Beleidigung aufgefasst werden. Bei der Klassifikation von sieben deutschen Gesten wurden Erkennungsraten von über 90 Prozent erreicht. Damit erscheint der Einsatz von Gestenerkennungskomponenten zum Erwerb kultureller Kompetenz durchaus realistisch.



04

Interaktion mit der Wiimote:
Wiimote (links), gestikulierender
Benutzer (Mitte), Signal der drei
Beschleunigungssensoren (rechts)

Erste Versuche, natürlichere Gesten eines Benutzers zu ermöglichen, wurden in dem DFG-Projekt CUBE-G [10] unternommen. Um Arm- und Handbewegungen eines Benutzers im dreidimensionalen Raum zu erkennen, wurde auf Nintendos Wii Remote Controller (Wiimote) zurückgegriffen (04). Die Wiimote ist mit Beschleunigungssensoren ausgestattet, über die Bewegungen in drei Richtungen (x: links/rechts, y: vorne/hinten, z: oben/unten) erfasst werden. Zur Interpretation von Bewegungen wurden unterschiedliche Klassifikationsverfahren, wie z. B. Naive

So könnte ein System erkennen, ob der Benutzer bei der Interaktion Gesten einsetzt, die im jeweiligen kulturellen Kontext angebracht sind und entsprechend darauf reagieren.

Klassifikation von Gesten nach der Ausdrucksstärke

Studien haben ergeben, dass nicht nur die Bedeutung von Gesten, sondern auch die Art der Gestenausführung kulturspezifisch ist. Beispielsweise tendieren Südeuropäer dazu, häufiger Gesten einzusetzen als Nordeuropäer. Darüber hinaus nehmen die Gesten von Südeuropäern mehr Raum

ein und weisen eine höhere Geschwindigkeit auf. Eine Evaluation der Gestenerkennungskomponente hat ergeben, dass die Klassifikation von Gesten nach der Ausdrucksstärke in höherem Maße als die Klassifikation von Emblemen von körperlichen Faktoren, wie z.B. Körpergröße des Benutzers, abhängt. So bereitet vor allem eine Kategorisierung von Gesten nach hoher, mittlerer oder niedriger räumlichen Ausdehnung Probleme. Darüber hinaus spielen Persönlichkeitsfaktoren eine starke Rolle. So verwenden extrovertierte Benutzer häufiger Gesten als introvertierte Benutzer.

Gestenerkennung über die Wiimote bietet den Vorteil, dass sie im Vergleich zu einem videobasierten Ansatz relativ robust ist und näher an eine natürliche Interaktion herankommt. Nachteilig ist, dass der Benutzer immer ein Gerät in der Hand halten muss und zumindest in der aktuellen Version nur die Gesten einer Hand erfasst werden.

5. Kulturspezifische Wahrnehmung von Charakteren

Durch Entwicklungen wie Second Life kommen Benutzer mit unterschiedlichem kulturellem Hintergrund mit virtuellen Charakteren in Berührung. Eine interessante Fragestellung ist daher, wie sich die Kultur, aus der der Designer eines virtuellen Charakters stammt, auf die Mensch-Maschine-Interaktion auswirkt. Zahlreiche Studien von Nass und Kollegen deuten darauf hin, dass Menschen Computer als soziale Akteure behandeln [11]. Es ist daher zu erwarten, dass kulturbedingte Unterschiede im Verhalten von virtuellen Charakteren ähnlich wahrgenommen werden wie kulturbedingte Unterschiede im Verhalten von Menschen.

Ekman [12] vertritt die Auffassung, dass die sieben Basisemotionen Glück, Trauer, Überraschung, Wut, Ekel, Furcht und Zufriedenheit universell über alle Kulturen hinweg auf ähnliche Weise zum Ausdruck gebracht werden. Die sich daraus ergebenden sozialen Implikationen und Konventionen hängen dennoch von der jeweiligen Kultur ab. So tendieren Menschen aus individualistischen Kulturen eher dazu, ihre Emotionen offen zu zeigen, was Menschen aus kollektivistischen Kulturen möglicherweise als unhöflich ansehen würden. Kollektivistische Kulturen neigen

hingegen dazu, Emotionen zu unterdrücken, wenn sie nicht mit denen der Gruppe übereinstimmen. Elfenberg beobachtet einen Eigengruppen-Vorteil [13] bei der Erkennung von Emotionen. Je näher zwei Kulturen einander sind, umso höher ist die Genauigkeit bei der Erkennung von Emotionen. Darüber hinaus werden negative Emotionen in der Regel leichter erkannt als positive Emotionen, was evolutionsbedingt dadurch erklärt werden kann, dass das Unvermögen, negative Emotionen korrekt zu interpretieren unangenehme oder sogar lebensbedrohliche Folgen nach sich ziehen kann.

Eine Reihe von Studien untersucht die Wahrnehmung von emotionalen Gesichtsausdrücken bei künstlichen Figuren, mit dem Ziel, Gemeinsamkeiten mit oder Unterschiede zu der Wahrnehmung von Emotionen in menschlichen Gesichtern zu identifizieren. Beskow und Kollegen [14] führten ein Experiment durch, um kulturelle Unterschiede bei der Wahrnehmung von emotionalen Gesichtsausdrücken zu untersuchen. Italienischen und schwedischen Versuchspersonen wurden Videoaufnahmen von schwedischen und italienischen Schauspielern sowie eines schwedischen und italienischen synthetisierten Gesichts präsentiert und sollten angeben, welche von drei Emotionen in den Aufnahmen ausgedrückt wurden. Es wurden keine kulturbedingten Unterschiede in der Wahrnehmung von Videoaufnahmen, die aus dem eigenen und dem fremden Kulturkreis stammen, beobachtet. Zusätzlich wurde das schwedische Gesicht mit den Parametern zur Ansteuerung des italienischen Gesichts (Facial Animation Parameters: FAP) und umgekehrt kontrolliert. Die durch diese beiden Varianten ausgedrückten Emotionen waren am schwierigsten zu erkennen, was die Autoren jedoch auf die Ansteuerung mittels Gesichtsanimationsparameter und nicht auf kulturbedingte Faktoren zurückführten.

Während Beskow und Kollegen nur zwei Kulturen untersuchten, führte Koda [15] ein offenes Web Experiment durch, um zu untersuchen, ob Gesichtsausdrücke von Cartoonfiguren von allen Kulturen gleichermaßen gut verstanden werden. 12 Gesichtsausdrücke wurden auf der Grundlage des Emotionsmodells von Ortony, Clore und Collins [16] modelliert. Insgesamt nahmen 1237 Teilnehmer aus

31 Ländern teil, davon 675 männlich und 561 weiblich. Die Antworten von den Ländern mit mehr als 40 Teilnehmern wurden analysiert. Dabei wurde u.a. die Übereinstimmungsrate bestimmt, d.h. der Anteil der „Ausdruck-Adjektiv“-Paare jeden Landes, die mit denen des japanischen Designers übereinstimmen. Es stellte sich heraus, dass die Übereinstimmungsrate der Japaner am höchsten ist. Korea hatte die zweitgrößte Übereinstimmungsrate. Offensichtlich sind die Erkennungsraten umso höher, je näher die Kultur der bewertenden Personen der Kultur des Designers ist. Ebenfalls bestätigt werden konnte die Beobachtung von Emotionspsychologen, dass negative Emotionen in der Regel besser verstanden werden. Negative Ausdrücke hatten eine signifikant höhere Übereinstimmungsrate unabhängig vom Land, während positive Ausdrücke leichter verwechselt wurden. Das ursprüngliche Webexperiment von Koda wurde kürzlich verfeinert, indem Designer aus mehreren Ländern rekrutiert wurden. Im Wesentlichen konnten die Ergebnisse des früheren Experiments bestätigt werden [17].

Kulturspezifisches Verhalten spiegelt sich nicht zuletzt auch in der Wahl sprachlicher Äußerungen wieder. Erteilt ein System dem Benutzer Instruktionen, so können Nuancen in der Formulierung einen entscheidenden Einfluss auf die Wahrnehmung von Höflichkeit haben. Um dieser Frage nachzugehen, führten Johnson und Kollegen [18] eine interdisziplinäre Studie mit 43 amerikanischen und 83 deutschen Studierenden durch. Ausgangspunkt für die Studie war ein an der University of California entwickeltes computerbasiertes Modell für Tutorstrategien, die unterschiedliche Formen von Höflichkeit reflektieren. Die Versuchspersonen in USA und in Deutschland wurden gebeten, die ihnen in Englisch bzw. Deutsch präsentierten Strategien nach dem Grad der Höflichkeit zu bewerten. Die Ergebnisse der Studie lassen sich wie folgt zusammenfassen: Es bestand eine signifikante Übereinstimmung zwischen amerikanischen und deutschen Studierenden für die subjektive Wahrnehmung von Höflichkeit bei computerbasierten Tutoragenten. Offensichtlich haben amerikanische Studenten ein ähnliches Verständnis von Höflichkeit wie deutsche Studenten. Kleinere Unterschiede wurden in einzelnen Fällen beobachtet, bei denen eine direkte Übersetzung von

Tutorstrategien vom Englischen ins Deutsche nicht möglich war. Die Unterscheidung zwischen „Du“ und „Sie“, die im Deutschen u. a. den sozialen Status widerspiegelt, hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Wahrnehmung von Höflichkeit bei Computeragenten. Die Ergebnisse bestätigen frühere Studien, nach denen die Entwickler von Tutorssystemen in Betracht ziehen sollten, dass Lernende dazu tendieren, computerbasierte Charaktere als soziale Kommunikationspartner anzusehen. Sie lieferten außerdem wichtige Anhaltspunkte für die Modellierung des Verhaltens computerbasierter Tutoragenten.

6. Fazit

Durch enorme Fortschritte im Bereich Computergraphik und -animation werden virtuelle Charaktere vom Benutzer zunehmend als belebte eigenständige Wesen mit einem humanoiden Verhalten wahrgenommen. Kulturspezifische Ausprägungen fanden bisher jedoch kaum Beachtung. Dieser Artikel diskutiert erste Versuche, virtuelle Charaktere mit kulturspezifischen Verhaltensweisen auszustatten. Zur Modellierung von kulturellen Aspekten wurde eine Kombination von einem theoriegeleiteten und einem empirischen Ansatz vorgeschlagen. Erkenntnisse aus den Kulturwissenschaften dienen als Grundlage für die automatische Verhaltensgenerierung und werden durch Verhaltensmuster, die aus Korpora mit zwischenmenschlichen Interaktionen extrahiert werden, ergänzt.

Erste Studien scheinen anzudeuten, dass kulturspezifische Merkmale von virtuellen Charakteren ähnlich wahrgenommen werden wie kulturspezifische Merkmale von menschlichen Interaktionspartnern. Je näher eine Figur der Kultur des menschlichen Betrachters ist, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass deren nichtverbales Verhalten korrekt interpretiert wird. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass die meisten Studien bestimmte Kulturausprägungen, z.B. Mimik, unabhängig von anderen Kommunikationskanälen betrachten. Ebenso wenig kann von einem wirklich holistischen Ansatz bei der Verhaltensmodellierung gesprochen werden. Damit imitieren virtuelle Charaktere immer nur ausgewählte Merkmale einer bestimmten Kultur und stellen daher eine eigene künstliche Kultur dar. •

Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde teilweise unterstützt durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) unter dem Förderkennzeichen RE 2619/2-1 (CUBE-G) und durch die Europäische Union unter dem Förderkennzeichen IST-4-027656-STP (eCIRCUS).

Elisabeth André

DIE AUTORIN

PROF. DR. ELISABETH ANDRÉ

studierte Informatik und Mathematik an der Universität des Saarlandes und erhielt 1988 ihr Informatikdiplom für ein Generierungssystem zur automatischen Kommentierung von Fußballspielen. Am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz in Saarbrücken leitete sie mehrere Projekte im Bereich „Intelligente Multimediale Benutzerschnittstellen“. Hervorzuheben ist hier das Projekt WIP, das 1995 in Brüssel mit dem Europäischen „Information Technology Innovation Award“ (IT Prize) ausgezeichnet wurde. 1995 promovierte sie zum Thema „Ein planbasierter Ansatz zur Generierung multimedialer Präsentationen“. Seit 2001 ist sie Lehrstuhlinhaberin für Multimedia-Konzepte und ihre Anwendungen an der Universität Augsburg. Dort leitet sie derzeit das Institut für Informatik. Ihre Forschungen im Bereich neuer Interaktionsformen für Mensch-Maschine-Kommunikation sind transdisziplinär ausgerichtet. Sie arbeitet mit Mediengestaltern, Kognitionspsychologen, Pädagogen und Dramaturgen zusammen. Im Sommersemester 2007 war Elisabeth André Fellow der Alcatel-Lucent Stiftung für Kommunikationsforschung am Internationalen Zentrum für Kultur- und Technikforschung der Universität Stuttgart.



Kontakt

Universität Augsburg, Institut für Informatik
Eichleitnerstr. 30, D-86135 Augsburg
Tel. +49 821/598-2341, Fax +49 821/598-2349
E-Mail: andre@informatik.uni-augsburg.de

Literatur

- [1] P. Sengers. *The Agents of McDonaldization*. In: S. Payr, R. Trappl: *Agent Culture: Human-Agent Interaction in a Multicultural World*, pp. 3–19, 2004.
- [2] Nass, C., Isbister, K., & Lee, E.-J. (2000). *Truth is beauty: Researching conversational agents*. In: J. Cassells, J. Sullivan, S. Prevost, & E. Churchill (Eds.), *Embodied conversational agents* (pp. 374–402). Cambridge, MA: MIT Press.
- [3] Hofstede, G. *Cultures and Organisations – Intercultural Cooperation and its Importance for Survival*, *Software of the Mind*. Profile Books, 1991.
- [4] Johnson, W. L. and Valente, A. *Tactical Language and Culture Training Systems: Using Artificial Intelligence to Teach Foreign Languages and Cultures*. *Proceedings of the Twentieth Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference* (im Druck).
- [5] M. Rehm, Y. Nakano, E. André, and T. Nishida. *Culture-specific first meeting encounters between virtual agents*. In: *Intelligent Virtual Agents 2008* (in press).
- [6] K. Isbister & H. Nakanishi, T. Ishida & C. Nass (2000). *Helper Agent: Designing an Assistant for Human-Human Interaction in a Virtual Meeting Space*. *Proc. of CHI 2000*. (pp. 57–64), N.Y.: ACM Press.
- [7] A. Nazir, M. Y. Lim, M. Kriegel, R. Aylett, A. Cawsey, S. Enz, P. Rizzo, L. Hall: *ORIENT: An Inter-Cultural Role-Play Game*. In: *Narrative in Interactive Learning Environments NILE 2008 Conference* (im Druck).
- [8] Hofstede, G. *Cultures Consequences: Comparing Values, Behaviors, Institutions, and Organizations Across Nations*. Sage Publications, Thousand Oaks, London, 2001.
- [9] S. Ting-Toomey. *Communicating Across Cultures*. The Guilford Press, New York, 1999.
- [10] M. Rehm, N. Bee, E. André. *Wave Like an Egyptian – Accelerometer Based Gesture Recognition for Culture Specific Interactions*. In: *Proceedings of HCI 2008 Culture, Creativity, Interaction* (im Druck).
- [11] B. Reeves and C. Nass. *The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places*. Cambridge University Press, 1996.
- [12] Ekman, P.: *Emotions Revealed: Recognizing Faces and Feelings to Improve Communication and Emotional Life*. Henry Holt and Company (2003).
- [13] Elfenbein, H. A., and Ambady, N. A.: *Cultural similarity's consequences: A distance per-spective on cross-cultural differences in emotion recognition*. *Journal of Cross-Cultural Psychology* (2003), 34, 92–110.
- [14] J. Beskow, L. Cerrato, P. Cosi, E. Costantini, M. Nordstrand, F. Pianesi, M. Prete, G. Svanfeldt, „Preliminary Cross-cultural Evaluation of Expressiveness in Synthetic Faces“. In: E. André, L. Dybkiaer, W. Minker, P. Heisterkamp (eds.), „Affective Dialogue Systems“, ADS '04, Springer Verlag, Berlin, 2004.
- [15] T. Koda. *Cross-cultural study of avatars' facial expressions and design considerations within Asian countries*. In: Ishida, T., Fussell, S. R., Vossen, P.T.J.M. (eds.): *Intercultural Collaboration I. Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, pp.207–220, 2007.
- [16] A. Ortony, G.L. Clore, and A. Collins. *The Cognitive Structure of Emotions*. Cambridge University Press, 1988.
- [17] T. Koda, M. Rehm, and E. André. *Crosscultural Evaluations of avatar facial expressions designed by Western and Japanese Designers*. *The 8th International Conference on Intelligent Virtual Agents (IVA2008)*, (im Druck).
- [18] Johnson, W.L., Mayer, R., André, E. and Rehm, M. *Cross-Cultural Evaluation of Politeness in Tactics for Pedagogical Agents*. In: *Proc. of the 12th Int. Conf. on Artificial Intelligence in Education (AIED)*, (2005).

Herausforderung Bionik

Wechselwirkungen zwischen Natur und Technik

Unser kulturelles Selbstverständnis wird entscheidend geprägt durch unser Verhältnis zu Natur und Technik. Natur und Technik standen sich bis vor kurzem abweisend gegenüber, zumindest gleichgültig. In der Entwicklung der Menschheit schien „Natur“ stets etwas, gegen das es sich zu behaupten galt, das ge-

fährlich war und gegen das man „kultivierend“ ankämpfen musste. Diese Sichtweise hat sich gewandelt. Es ist modisch geworden, vor der Unterdrückung und Ausbeutung der Natur zu warnen, ja Natur vor unserem immer unerbittlicher werdenden Zugriff radikal schützen zu wollen. Beiden Sichtweisen haftet etwas Fundamentalistisches an. Wir werden indes nur überleben, wenn wir das Verhältnis zwischen Mensch und Natur wirklich partnerschaftlich gestalten.



1. Natur und Technik

Unter „Natur“ sei hier die belebte Umwelt des Menschen verstanden, in die dieser als organisches Wesen eingebettet ist. Als „Technik“ bezeichne ich die Möglichkeiten der Nutzung von Strukturen und Kräften der Natur, die im Gehirn des Menschen entstanden sind. Der Mensch ist Produkt der natürlichen Evolution, doch ist ihm die Möglichkeit gegeben, durch kulturelle Tradierung Daten anders weiterzugeben als die natürliche Evolution

dies kann. Das Fortführen der biologischen Evolution mit den Methoden der kulturellen Evolution ist nun die Grundlage für ein Lernen, das Natur und Technik partnerschaftlich zu verbinden vermag. Aus solch einem Lernen ließe sich eine „Biostrategie“ entwickeln, die in eine Überlebensstrategie mündet. Deren Umsetzung ist freilich nicht nur eine Frage der Einsicht, sondern auch des politischen und wirtschaftlichen Handelns – ein Komplex, der von vielen Facetten bestimmt und mit gestaltet wird.

Hier sollen zwei unverzichtbare methodische Werkzeuge eines derartigen Lernens thematisiert werden: Technische Biologie und Bionik.

2. Technische Biologie und Bionik

Technische Biologie und Bionik gehören zusammen. Die **Technische Biologie** erforscht die Konstruktionen, Verfahrensweisen und Evolutionsprinzipien der Natur aus dem Blickwinkel der Technischen Physik und verwandter Disziplinen. Die **Bionik** versucht, diese Grundlagen-Ergebnisse in die Technik zurückzuprojizieren und Anregungen zu geben für neuartige, dem Menschen und der Umwelt dienlichere Lösungen.

Man neigt dazu, den Begriff „Bionik“ aus den Anfangs- und Endsilben von „Biologie“ und „Technik“ zusammensetzen. Das stellt zwar klar, dass die beiden bislang stark getrennten Disziplinen zusammenkommen sollten. Nur wenn wir durch eine sinnvolle Integration die Grenzen überwinden, wenn wir einsehen, dass die biologisch orientierten und die technischen Disziplinen voneinander lernen können, werden wir weiterkommen. Aber der Begriff „Bionik“ geht auf das Wort „bionics“ zurück, das der amerikanische Luftwaffenmajor John E. Steel Ende der 60er Jahre geprägt hat und das eher Dinge meint, die irgendwie mit Biologie zu tun haben. Später wurde dafür im angelsächsischen Raum der Begriff „biomimetics“ eingeführt, der auch heute noch als Synonym verwendet wird. Gemeint ist in jedem Fall das „Lernen von der Natur für die Technik“. Dieses Lernen stellt sich aber nicht so einfach dar. Die Natur liefert keine Blaupausen. Abstrahieren und technisch angemessen umsetzen kann man nur *Naturprinzipien*.

Daher habe ich ab den 70er Jahren bionisches Arbeit wie folgt definiert: „Lernen von der Natur für eigenständiges ingenieurmäßiges Gestalten“. Die Natur gibt also Anregungen, die der Ingenieur nicht kopiert, sondern in die konstruktive Gestaltung – *lego artis* seiner Wissenschaft – einbringt.

Auf einer Tagung des Vereins Deutscher Ingenieure über „Analyse und Bewertung zukünftiger Technologien“, Düsseldorf 1993, hat man sich auf folgendes Verständnis geeinigt: „Bionik als wissenschaftliche Disziplin befasst sich mit der technischen

Umsetzung und Anwendung von Konstruktions-, Verfahrens- und Entwicklungsprinzipien biologischer Systeme“. Demnach ist Bionik eine Anwendungsdisziplin, deren Gegenstände in den drei Grunddisziplinen der Konstruktionsbionik, Verfahrensbionik und Entwicklungsbionik zusammengefasst werden können. Basis für den Erkenntnisgewinn und für jeden Übertragungsaspekt ist immer das Sosein biologischer Systeme.

In den letzten Jahren hat sich die Einsicht gefestigt, dass die VDI-Definition von 1993 zu erweitern ist. Insbesondere kommt ein wichtiger Grundaspekt der Bionik nicht genügend zur Geltung, nämlich die Technik auch so zu beeinflussen, dass sie Mensch und Umwelt stärker nützt.

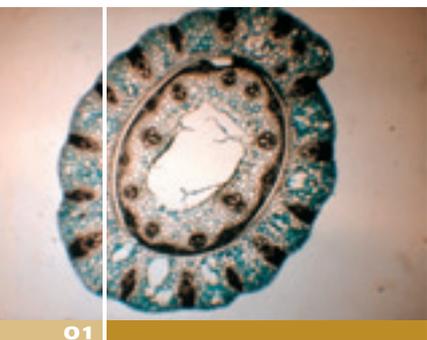
Ich habe deshalb die folgende, kurz gefasste Alternative vorgeschlagen: „Lernen von den Konstruktions-, Verfahrens- und Entwicklungsprinzipien der Natur für eine positive Vernetzung von Mensch, Umwelt und Technik“. Diese Formulierung umfasst auch Interaktionen zwischen Umwelteinflüssen und Lebewesen. Für bionisches Arbeiten lassen sich bereits zahlreiche Beispiele anführen, klassische und moderne.

3. Ein klassisches Beispiel: Der Stahlbeton

Josef Monier war „horticulteur, paysagiste“, hatte also viel mit gärtnerischen Problemen zu tun. Aus dem Ärger darüber, wie teuer und bruchgefährdet steinerne oder tönerne Pflanztöpfe sind, und aus der Beobachtung, dass die aus einem Opuntienblatt herauswitternde, vernetzte Sklerenchym-Struktur der Blattmasse Festigkeit gibt, hatte er die Idee, Pflanztöpfe in Mehrkomponentenbauweise herzustellen. Ein Drahtkorb – entsprechend dem Sklerenchym-Netz von Pflanzen – gibt Zugfestigkeit und hält zugleich die druckfeste Zementmasse – entsprechend dem

ZUSAMMENFASSUNG

In neuerer Zeit hat man begonnen, die Denk- und Handlungsschranken zwischen Natur und Technik zu überwinden. Das Handwerkszeug dazu sind die Disziplinen „Technische Biologie“ (Natur besser verstehen mit den Beschreibungs- und Analysemethoden der Technischen Physik) und Bionik (Anregungen aus der Natur in die Ingenieurwissenschaften einbringen). Die Vorgehensweise bei solchen Vergleichen zwischen Natur und Technik wird an Beispielen erläutert. Ein klassisches ist Monier's Stahlbeton, ein modernes der Lotus-Effekt. Beide haben die Technik stark beeinflusst im Sinne einer Abstraktion von Naturprinzipien und ihre technikangemessene Umsetzung. Von grundlegender Bedeutung aber wird die „Grüne Photozelle“ und eine solare Wasserstofftechnologie nach dem Vorbild des grünen Blatts werden: Artifizielle Photosynthese. Die Bionik arbeitet nach bestimmten Vorgehensweisen, die in Form von zehn Grundprinzipien geschildert werden. Auf die Frage, was Bionik denn letztlich leisten könne, lassen sich Stichworte nennen, zu denen „Nachhaltigkeit“, „Effizienz“ und „Erprobtheit“ gehören. Die zukünftigen Querverbindungen zwischen natürlicher und technischer Umwelt müssen systemerhaltend sein. Dann kann sich aus bionischen Ansätzen eine Biostrategie entwickeln.



01

Analogie zwischen Pflanzenstängel-Aufbau und Stahlbeton. Querschnitt durch den Halm eines Grases. Braun-schwarz: Sklerenchymstränge, analog Bewehrung. Grün: Parenchymmatrix, analog Zement.

Parenchym der Pflanzen – in Form. Die Zementmasse wiederum stabilisiert die Lage des Drahtkorbs.

Die Grundidee dieser frühen Übertragung (Patente ab 1867) ist bereits typisch bionisch: Ohne sklavisch zu kopieren, wird ein Prinzip der Natur abstrahiert. Das Naturprinzip heißt: mechanisches Zusammenwirken eines zugfesten Sklerenchym-Netzzyllinders mit einer druckfesten Parenchym-Matrix. Das technische Prinzip heißt: mechanisches Zusammenwirken zwischen einer sklerenchym-analogen Stahlarmierung mit einer parenchym-analogen Zementmasse. Aus dieser Analogie hat sich ein völlig neuer Industriezweig entwickelt, der Stahlbeton-Bau. Er hat unsere städtebauliche Umwelt dramatisch beeinflusst und damit unsere Kultur tiefgreifend verändert.

4. Ein modernes Beispiel: Der Lotus-Effekt

Im Buddhismus gilt die Indische Lotusblume, *Nelumbo nucifera*, als Symbol der Reinheit. Aus sumpfigen Gewässern entfalten sich ihre schlammbedeckten Blätter; bereits mildester Tau aber reinigt sie vollständig. Dieser Selbstreinigungseffekt ist nach den grundlegenden Forschungsergebnissen von Barthlott und Neinhuis (1997) auf eine spezielle Oberflächenstruktur der Blätter zurückzuführen. Wachskristalloide formen kleine Knötchen oder Noppen, etwa 15 µm groß und etwa 40 µm von einander entfernt. Es handelt sich also um bereits mit einer starken Lupe sichtbare Mikrostrukturen. Diese sind aber infolge ihres Aufbaus aus feinsten Wachsröhrchen zudem submikroskopisch strukturiert. Wegen des Wachsmaterials sind sie hydrophob, also wasserabweisend.

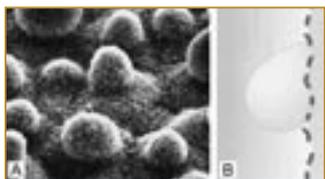
Die Bioniker haben nun entdeckt, dass hydrophobe, fein genoppte Oberflächen unter Betauung oder leichtem Regen selbstreinigend sind. Die Kombination dieser drei Parameter wurde Gegenstand des darauf aufbauenden Patents. Auf einer glatten Lackschicht, etwa einem schräg geneigten Auto-Kotflügel, ziehen sich Tau- oder Regentropfen kapillar breitflächig auseinander. Schmutzpartikelchen werden entweder überrollt oder abgehoben und wieder abgesetzt. Eine solche Oberfläche ist nicht selbstreinigend. Fein genoppte und hydrophobe Oberflächen dagegen erlauben dem Wassertropfen keine Benetzungs-

fähigkeit, so dass er abgekugelt bleibt und abrollt. Schmutzpartikelchen sitzen nur mit sehr kleinen Berührungsflächen auf den Noppen auf. Sobald die Adhäsionskräfte zum Wassertropfen größer sind als die zur Unterlage, werden sie von der Oberfläche des Tropfens eingefangen und mit abgerollt. Nach diesem Prinzip der Selbstreinigung hat eine Firma (Ispo, damals Dückerhoff-Gruppe) einen neuartigen Fassadenlack namens „Lotusan“ entwickelt.

Die Entwicklungsingenieure der Lackindustrie haben die Prinzipien der Natur mit Interesse aufgenommen, da sie in dieser Kombination im technischen Bereich noch nicht bekannt waren, dann aber technologisch eigenständig weiterentwickelt. Es hätte keinen Sinn gehabt, die Natur insofern zu kopieren, als man Wachs-Kristalloide eingebaut hätte: Jeder Daumendruck hätte sie funktionsunfähig gemacht. Vielmehr wurde nach längeren Versuchsreihen eine Mischung aus unterschiedlichen Sanden und Kieselgur verwendet, die beim Trocknen in Selbstbildungsprozessen eine analog wirkende Oberfläche ausgestaltet.

Wichtig ist also, dass ein Funktionsprinzip der Natur nicht 1:1 umgesetzt, sondern zunächst abstrahiert worden ist, um auf der Basis dieser Abstraktion eine technisch-adäquate Lösung zu entwickeln. Ausgehend von der Zufallsbeobachtung, dass manche Pflanzen nicht verschmutzen, hat die morphologische Oberflächenuntersuchung zur Abstraktion des Funktionsprinzips geführt, aus der sich nach einer relativ langwierigen Grundlagenforschung letztendlich über die Industrieforschung das Produkt „Lotusan“ ergeben hat.

Es fragt sich, wo bei diesem Beispiel die „Fernziele“ der Bionik stecken, Natur und Technik in besseren Einklang zu bringen. Sie liegen in der allgemeinen Potenz des Selbstreinigungseffekts. Nicht-Selbstreinigung bedeutet zwangsläufig Fremdreinigung, die stets mit umweltschädigenden Substanzen und Verfahren verbunden ist. Bei der bionischen Fassadenfarbe mag das noch nicht so auffallend sein; hier hat insbesondere die vertreibende Firma einen Umsatzvorteil. Wenn der Effekt aber die Notwendigkeit eines neuen Fassadenanstrichs hinausschiebt, schlägt das unmittelbar auf geringeren Materialverbrauch und reduzierte Umweltbelastung durch;



02

Zum Lotus-Effekt. A: Genopptes Lotus-Blatt. B: Auf glatter Oberfläche gleitet der Wassertropfen über die Schmutzpartikel. C–D: Auf genoppter Oberfläche rollt der Tropfen Schmutzpartikel mit ab.

bei den riesigen Flächen wäre das durchaus beachtlich.

Bisher ist es nicht gelungen, den Lotus-Effekt auch im Bereich der Autolacke zu nutzen. Angesichts des immensen Reinigungs- und Spülmittelaufwandes und des drastischen Wasserverbrauchs in Autowaschstraßen läge hier aber ein besonders wichtiger Einspareffekt. Niemand wird hier freilich blauäugig sein. Autos verschmutzen die Umwelt dramatisch, werden deshalb aber nicht abgeschafft. Autowaschstraßen wird es geben, so lange es Autos gibt. Hier kann es also nur um *relativen* Umweltschutz gehen.

Gleiches gilt für die „künstliche Haifischhaut“. Geriefte Folien, die so skulpturiert sind wie die Schuppenoberflächen rasch schwimmender Hochseehaie, reduzieren den Oberflächenwiderstand und damit auch den Treibstoffverbrauch von Großflugzeugen, wenn man ihre Rümpfe und Flügel damit beklebt. Das bedeutet zwar nur einige wenige Prozent an Reduktion, die sich weltweit aber auf die Einsparung gigantischer Kerosinmengen aufaddieren würden.

Bionische Entdeckungen wie die genannten können also helfen, umweltschädliche Prozesse zu verlangsamen; sie verhindern diese aber nicht. Andererseits könnten Naturvorbilder aber auch zu prinzipiell systemerhaltenden Neuerungen führen. Dazu gehört mit Sicherheit eine solare Wasserstofftechnologie nach dem Vorbild der grünen Pflanze.

5. Die „grüne“ Zelle: artifizielle Photosynthese

Oft gehört: Die Zukunft gehört dem Wasserstoffauto, denn bei der Verbrennung von Wasserstoff entstehen keine Schadstoffe. Dass man mit Wasserstoff, der in Stahlflaschen gespeichert ist, Fahrzeuge problemlos antreiben kann, zeigen bereits zahlreiche Stadtbusse. Neue Speichermöglichkeiten für Wasserstoffgas und neue Umsetzsysteme (Brennstoffzellen) sind in Entwicklung. Mit Wasserstoff lässt sich nicht nur das Kraftfahrzeugwesen revolutionieren. Wasserstoff könnte man überall als Energielieferant einsetzen, aber auch als Basis für chemische Syntheseprodukte. Das Problem ist nur: Wo kommt der Wasserstoff her? Natürlich kann man ihn aus Erdöl gewinnen, beispielsweise durch das Kracken von Schwerölen. Das verlagert

aber nur das Problem der Umweltschädigung vom Auto auf die Erdölaufbereitung. Weiterführend ist nur eine solare Wasserstofftechnologie. Daran wird weltweit fieberhaft gearbeitet. Kann Bionik auch hierbei hilfreich sein? Die grüne Pflanze ist mit ihrer Photosynthese seit mehreren 100 Jahrmillionen „erfahren“ im internen Umgang mit Wasserstoff. Lässt sich erwarten, dass eine artifizielle Photosynthese nach dem Vorbild des grünen Blatts die Lösung des Energieproblems bringt?

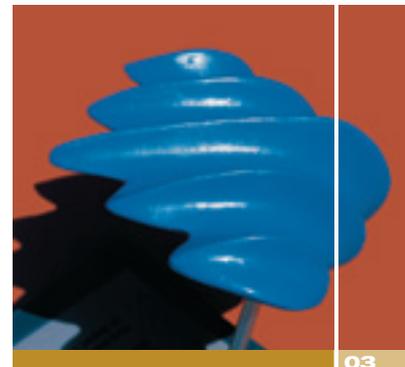
Ja und nein. Am Beispiel der „künstlichen Photosynthese“ kann man zeigen, dass Bionik kein endgültiger Lösungsansatz sein muss und oft auch nicht sein kann. Bionik führt bis zu einem bestimmten Punkt, dann muss die technische Weiterentwicklung in eigenständiger Weise einsetzen.

An der sehr einfach aussehenden Summengleichung der Photosynthese kann man die Ausgangsverbindungen und Endprodukte ablesen, aber nicht die Verfahrenswege:



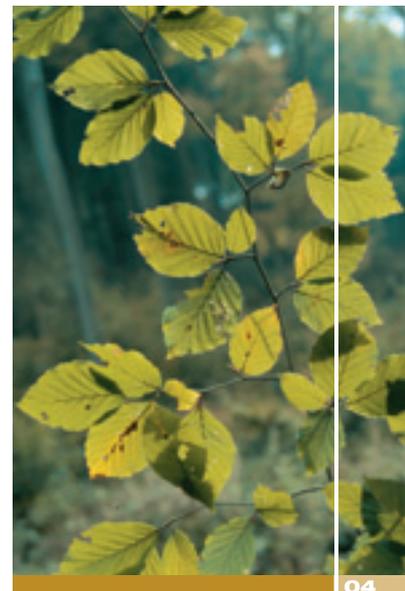
Das Kohlendioxid stammt aus der Luft, der Wasserstoff aus dem Wasser, das die Pflanzen im allgemeinen über ihre Wurzeln aufgenommen haben. Er wird intern transportiert und zur Bildung einer Zuckersubstanz an eine aus dem Kohlendioxid synthetisierte Kohlenstoffkette angehängt. Beim internen Transport wird er zerlegt in Protonen und Elektronen, die getrennte Wege gehen. Auf's Äußerste vereinfacht stellt sich das System wie folgt dar:

Die energiereichen Sonnenstrahlen führen zu einer Zerlegung von Wasser; Sauerstoff wird als „Abfall“ frei, Basis für jedes tierische und menschliche Leben. Die Elektronen werden paarweise über eine Redoxpotential-Kaskade geleitet, wobei sie stufenweise Energie abgeben, die in einem „Bioakku“ (ADP-ATP-System) zwischengespeichert wird. Der auf anderen Wegen abtransportierte Wasserstoff wird an die Kohlenstoffkette angelagert; das Schließen der Bindung ist ein endergonischer Vorgang, er bedarf der Energiezufuhr. Die nötige Energie wird durch die Entladung der vorher aufgeladenen „Bioakkus“ gewonnen. Es resultiert letztlich ein Kohlenwasserstoff, ein Einfachzucker, nämlich Glukose.



03

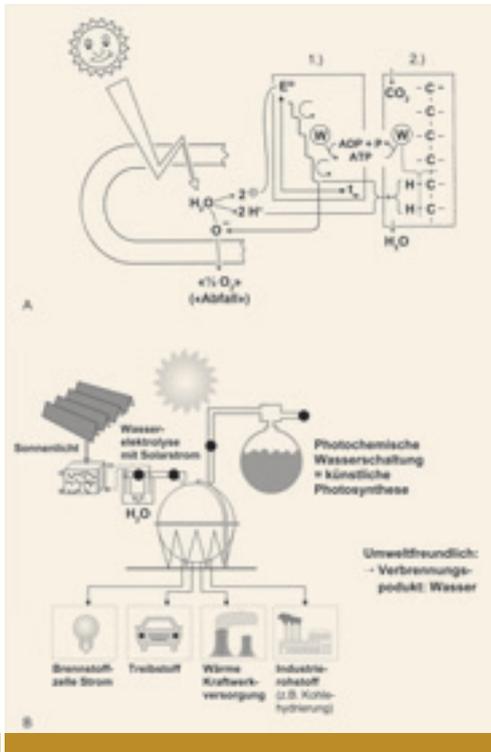
Handgroßes Modell einer Haifischschuppe



04

Blätter überlagern sich meist so, dass sie sich beim „Abernten“ des Sonnenlichts wenig stören.

Der in der Abbildung (05) als „A“ gekennzeichnete Vorgang stellt die Basis für eine biologische Photovoltaik dar; an einer derartigen „grünen Fozelle“, die als Folie verfügbar ist und an Hauswänden, Dächern angebracht werden kann, wird derzeit gearbeitet. Auch in Fensterscheiben ließe sich diese integrieren. Ziel der weltweiten Entwicklung ist eine langzeitstabile, billige Photovoltaik-Fläche, die eines Tages die kompliziert und energieaufwendig zu produzierenden Silizium-Solarpaneele ablösen kann. Der Vorgang „B“ (05) führt zu einer solaren Wasserstofftechnologie. Solar gewonnener Wasserstoff könnte man wohl auch über Wasserelektrolyse erzeugen, doch ist deren Wirkungsgrad sehr schlecht, und das Verfahren ist technologisch nicht elegant. Dagegen wäre die photochemische Wasserspaltung als „künstliche Photosynthese“ der geeignete Weg der



05

A oben: Prinzipschema der Photosynthese

B unten: Wasserstofftechnologie als künftige Energiebasis

Zukunft. Solar erzeugter Wasserstoff könnte technologisch immens vielseitig eingesetzt werden.

Wie erkennbar, endet die bionische Anregung aber mit dem Transport von Elektronen einerseits und dem von Protonen andererseits. Fast nirgendwo transportiert die Pflanze gasförmigen Wasserstoff. Die Umsetzung in dieses letztlich interessierende Produkt bleibt also eine eigenständige Entwicklungsaufgabe des chemischen Ingenieurwesens.

An diesem Beispiel, mit dem sich für die Bionik ein geradezu ungeheueres Zukunftspotential eröffnet, kann man lernen, die Grenzen bionischen Vorgehens zu erken-

nen. Generell gilt: Jedes biologische System, jedes Tier, jede Pflanze, enthält mannigfache Konstruktionselemente, die man in der Technik nicht unbedingt so kombinieren muss, wie das jeweilige biologische System es tut. Sie stehen vielmehr für jede beliebige Art der Kombination zur Verfügung. Damit kann der Ingenieur und

Techniker Neuartiges schaffen, das so in der Natur nicht vorkommt. Er muss nur schöpferisch vorgehen, sich neue Wirkungsbereiche erschließen. Dabei ist das Anregungspotential der Bionik, basierend auf einer Reihe prinzipieller Vorgehensweisen, unerschöpflich.

6. Grundprinzipien bionischer Vorgehensweise

Wenn man die Natur näher betrachtet, finden sich eine Reihe von Grundprinzipien, die typisch sind für ihr systemisches Funktionieren.

Prinzip 1: Integrierte statt additiver Konstruktion

Während die Technik Konstruktionen aus Einzelementen zusammensetzt und diese jeweils für sich optimiert, arbeitet die Natur mit „integrierten Konstruktionen“, die als solche optimiert werden; das „Konstruktionsziel“ ist die Gesamtheit.

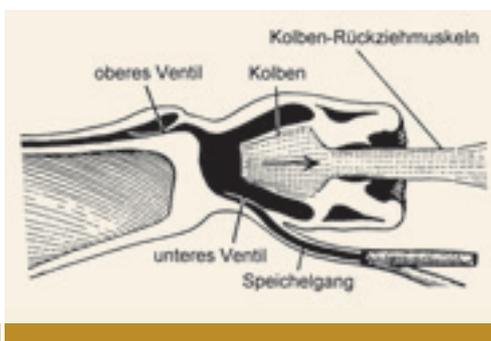
Beispiel (06): Speichelpumpe einer Rindenwanze. Die nur 1/10 mm messende Speichelpumpe einer Rindenwanze besitzt alle Elemente einer Kolbenpumpe – Kolben, Dichtung, Zylinder, Einlaufventil, Auslaufventil, Antrieb – sieht aber eher aus wie eine (technisch noch nicht mögliche) „Miniatur-Kunststoffspritzguss-Konstruktion“.

Prinzip 2: Optimierung des Ganzen statt Maximierung eines Einzelements

Technische Entwicklung hat heutzutage noch viel zu sehr die Maximierung von Einzelementen im Auge, die manchmal gar nicht wünschenswert ist, weil es um ganz andere, übergeordnete Zusammenhänge geht. Die Natur optimiert stets Systeme unter Verzicht auf (gegebenenfalls systemstörende) Maximierung von Einzelementen. *Beispiel:* Hämatokrit. So bezeichnet man das Volumen der geformten Blutbestandteile beim Säugerblut. Die Zahl der Roten Blutkörperchen sollte einerseits möglichst groß sein (große O₂-Bindungsfläche), andererseits aber möglichst klein (große Strömungsgeschwindigkeit): Gegenläufige Anforderungen. Die Natur maximiert stattdessen den Volumenstrom, der die Sauerstoff-Transportrate bestimmt.

Prinzip 3: Multifunktionalität statt Monofunktionalität

Während die Technik noch sehr häufig Einzelemente auf die Erfüllung von Einzelaufgaben hin entwickelt, gibt es dies bei



06

Speichelpumpe der Rindenwanze

näherem Hinschauen in der Natur praktisch nie. Fast ausnahmslos werden Systeme entwickelt, bei denen ganz unterschiedliche, oft physikalisch durchaus entgegengesetzt gerichtete Anforderungen unter einen einzigen, „optimalen“ Hut gebracht werden. *Beispiel*: Eischale der Schmeißfliege. Der Baustoff ist Chitin. Es handelt sich aber nicht um eine einzige, dicke Chitinschicht, sondern um mikroskopisch feine Differenzierungen. Damit ergibt sich für die Eischale die optimale Lösung dreier gegenläufiger Aspekte: Sie ist leicht und trotzdem genügend stabil, „trittfest“ und trotzdem genügend elastisch, durchlässig für Wasserdampf, aber nicht für tropfendes Wasser (das schädliche Keime enthalten könnte).

Prinzip 4: Feinabstimmung gegenüber der Umwelt

Lebewesen sind auf ihre belebte und unbelebte Umwelt abgestimmt. Dies ist in der morphologischen und physiologischen Ausgestaltung manchmal bis in feinste Details der Fall. *Beispiel (07)*: Greiffüße bei Adlern. Der Steinadler, der behaarte Beute schlägt, besitzt auf der Unterseite rau behornte Ständer. Fischadler, die glitschige Fische fangen, tragen an der gleichen Stelle dornige Schuppen, mit denen sie ihre Beute besser festhalten können.

Prinzip 5: Energieeinsparung statt Energieverschleuderung

Organismen besitzen einen begrenzten Energievorrat, so dass sie, auf die gesamte Lebensdauer bezogen, auch nur eine begrenzte Leistung abgeben können. Brauchen sie für einen Lebensvorgang (z.B. die Produktion von Fortpflanzungsprodukten) eine größere Energie, so müssen sie irgendwo anders Energie einsparen. *Beispiele* für dieses Prinzip sind Legion.

Prinzip 6: Direkte und indirekte Nutzung der Sonnenenergie

Dies erscheint mir als die bedeutendste Facette bionischen Arbeitens. Als *Beispiel* habe ich die Photosynthese grüner Pflanzen angesprochen. Vielerlei indirekte Effekte kommen dazu, etwa die Windnutzung (Winde sind solarbedingt) zur Gebäudelüftung und thermischen Kontrolle, wie das der Präriehund mit seinem Bau vorführt.

Prinzip 7: Zeitliche Limitierung statt unnötiger Haltbarkeit

Viele unserer Einrichtungen, insbesondere die Häuser, sind viel zu langlebig, unter Nutzung von unnötig viel Material und

unnötig viel Energie auf Zeiten ausgelegt, die Generationen überdauern. Wer weiß schon, welche Dämmmaterialien und welche ökologischen Gesichtspunkte in 20 oder 50 Jahren verfügbar und maßstabgebend sind? Und welche Bauvorschriften? *Beispiel*: Stinkmorchel. Der sehr leichte, lockere, aber für wenige Tage genügend standfeste Schaft existiert nur so lange, bis Fliegen die Sporenmasse abgetragen haben. Dann ist er funktionslos. Er zerfällt in Stunden bis Tagen, wird von Schnecken und anderen Kleintieren zerlegt, von Bakterien abgebaut und molekular total recycelt.

Prinzip 8: Totale Rezyklierung statt Abfallanhäufung

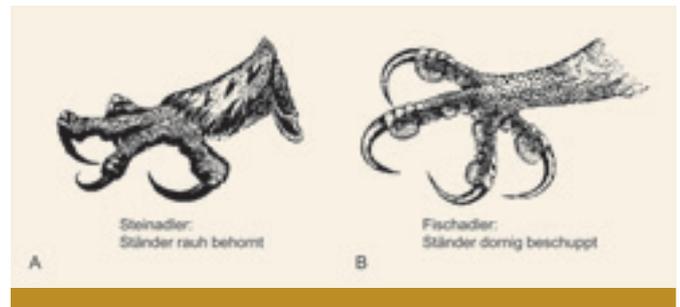
Das Prinzip der totalen Rezyklierung ist nach der systematischen Solarnutzung eines der

wichtigsten Naturprinzipien überhaupt. Die Natur produziert keinen Abfall. Strategien totaler Abfall-

vermeidung sind auch für das Überleben des Menschen von größter Bedeutung. *Beispiel*: In tropischen Ökosystemen, insbesondere im Regenwald, wird Substanz bereits innerhalb weniger Jahre vollständig umgesetzt.

Prinzip 9: Vernetzung statt Linearität

Das komplexe Geschehen der Natur ist in tausendfacher Weise vernetzt und vermascht, wie insbesondere F. Vester zu Recht immer wieder betont hat. Man wird es durch lineares Denken ebenso wenig verstehen wie bereits mäßig komplexe Systeme der technischen Zivilisation. *Beispiel (08)*: Ökologie des Waldrands. Gabelschwanzraupen fressen Zitterpappelblätter (negative Beziehung), Kohlmeisen fressen Gabelschwanzraupen (negative Beziehung). Damit nützen Kohlmeisen indirekt den Zitterpappelblättern (positive Beziehung). Geht man allerdings nur wenig weiter und bezieht einige weitere Produzenten und primäre und sekundäre Konsumenten mit ein, ist das Beziehungsschema mit noch so detaillierter Beschreibung nicht mehr zu erfassen. Man muss spezielle Sichtweisen, ähnlich der „fuzzy



Greiffüße bei Adlern.
A: Steinadler, B: Fischadler

Effizienz • Die Effizienz biologischer und damit der bionischen Annäherung zugänglicher Verfahren ist ebenso wie die Effizienz technischer Verfahren durch thermodynamische Kenngrößen bestimmt. Trotzdem kann man beim Studium biologischer Verfahren oft eine ausgeprägtere energetische Effizienz feststellen, als sie die Technik aufweist. Das bezieht sich aber in der Regel auf eine systemische Betrachtung. In den Einzelementen ist die Natur wie die Technik thermodynamisch beschränkt. In der Art, wie sie die Einzelemente zu einem funktionsfähigen Ganzen kombiniert, ist die Natur dagegen noch unerreicht (09)(10).

Die belebte Natur stellt eben jede Teillösung unter das Erprobungskriterium „Energieeffizienter?“ und verzichtet auf die Maximierung der Effizienz von Einzelementen zugunsten eines optimalen Zusammenspiels aller zu einem funktionierenden, störungsunanfälligen (wenngleich komplexen) System. Es ist nicht gesagt, dass die Technik dies nicht auch könnte. Doch hatte sie für eine solche Strategie in der – nun auslaufenden – Zeit billiger Energieressourcen keinen Entwicklungsanreiz. In dieser Hinsicht könnten bionische Ansätze vielleicht den größten Einfluss auf die zukünftige technische Entwicklung haben: als Strategievorbild.

Zuverlässigkeit, Erprobtheit • Man kann sagen, dass die Konstruktionen, Verfahrensweisen und Entwicklungsprinzipien der belebten Welt in jahrmillionenlanger Evolution erprobt sind und dass sie zuverlässig arbeiten. Was die technische Übertragung anbelangt, sind diese Begriffe allerdings nur sinnvoll im Rahmen einer ganz bestimmten Fragestellung. Um ein Beispiel hierfür zu geben: Die Art, wie sich bestimmte Stechmücken „vollautomatisch“ im Flug begatten, erfolgt mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit für das automatische Funktionieren des Ablaufs. Diese ist hoch (beim zufälligen Treffen eines Männchens mit einem in den Männchenschwarm einfliegenden Weibchens sicher über 95 Prozent). Man kann also von einem zuverlässigen Verfahren sprechen. Dieses existiert im Prinzip seit mindestens 250 Millionen Jahren; man kann also auch von einem erprobten Verfahren sprechen. Für ein anderes Beispiel können aber unter verschiedenen Randbedingungen völlig andersartige Werte schon als „zuverlässig“ und „erprobt“ gelten: Ein

einzelnes Haftelement am Vorderbein eines Wasserkäfers arbeitet vielleicht mit einer Haftchance von einem Prozent, also durchaus „unzuverlässig“; trotzdem arbeitet die gesamte Haftkonstruktion, die eine ähnlich lange Evolutionszeit hinter sich hat, durchaus zuverlässig und erprobt (11).

Gleiches gilt für die Technik. Zuverlässigkeit kann „wiederholtes, gleichartiges, ungefähres Funktionieren“ bedeuten (Rutschsicherheit eines Sohlenprofils), aber auch nur einmaliges, dann 100-prozentiges (Air bag).

Bei all den genannten Kriterien hat die Natur also eine Fülle von Umsetzungsvorschlägen anzubieten, die in der Vergangenheit wenig beachtet wurden, für zukünftige Entwicklungen aber sehr wichtig werden können.

8. Vergangenheit und Zukunft

Bis vor ein, zwei Jahrzehnten standen sich „Natur“ und „Technik“ einander ausschließlich gegenüber, die biologischen und technischen Disziplinen jeweils auf die eigene Vorgehensweise bezogen. Über die technische Biologie und Bionik sind diese Disziplinen nun verbunden. In Zukunft werden sie sich breiter einander zuwenden und so viel wie möglich voneinander lernen müssen. Der Lernprozess läuft in beide Richtungen. Biowissenschaftler können ihre Konstruktionen besser beschreiben und verstehen. Dies wiederum führt zu mehr und besser verstandenen Naturvorbildern, die ihrerseits im



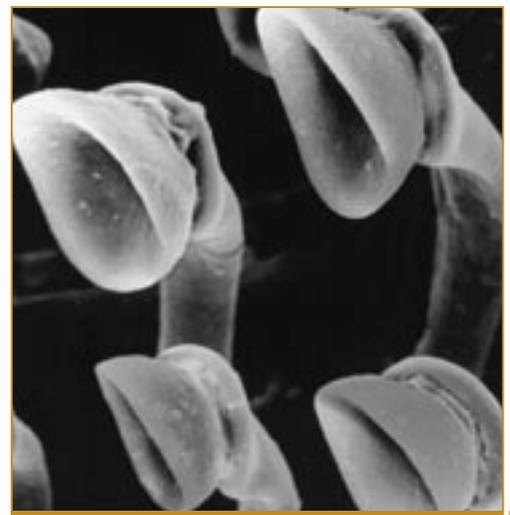
09

Zur hydrodynamischen Energieeffizienz. Der frisch geschlüpfte Gelbrandkäfer besitzt einen Rumpf mit einem Widerstandsbeiwert von 0,35 und Schwimmbeine (rechts hinten) mit hydrodynamischem Wirkungsgraden von rund 0,7. Beide Werte sind (für den gegebenen Bereich von Reynoldszahlen) kaum steigerbar.



10

Zur baustatischen Energieeffizienz. Fischwirbel sind so leicht gebaut, dass sie die auftretenden Drücke und Biegemomente gerade abfangen können ohne zu brechen. Damit wird der Energieaufwand für die Knochenkonstruktion minimiert.



11

Wasserkäfer tragen an die 100 gestielte Mikrohaare an den Vorderbeinen, die statistisch haften.

DER AUTOR



PROF. DR. RER. NAT. WERNER NACHTIGALL

Jahrgang 1934, hat in München unter anderem Biologie und Technische Physik studiert. Nach Assistenten-jahren am Zoologischen Institut und am Strahlenbiologischen Institut der Universität München und als Research Associate an der University of California, Berkeley, wurde er zum Direktor des Zoologischen Instituts der Universität des Saarlands, Saarbrücken, berufen. Seine Hauptarbeitsrichtungen waren Bewegungsphysiologie, Biomechanik, Technische Biologie und Bionik. Er ist Begründer eines Biologie-Diplom-Studiengangs „Technische Biologie und Bionik“, einer Gesellschaft gleichen Namens, sowie Mitbegründer des Bionik-Kompetenznetzes BioKoN. Biologie und Physik zusammenzubringen ist ihm ein wichtiges Anliegen.

Kontakt

Universität des Saarlandes, Zoologie, Technische Biologie und Bionik, 66123 Saarbrücken
 Tel. 0681/302-3287
 Fax 0681/302-6651
 E-Mail: gtbb@mx.uni-saarland.de

Übertragungsprozess der Bionik stärker in die Technikentwicklung hineinwirken, aber auch für wirtschaftliche und gesellschaftliche Gestaltungen genutzt werden können.

Sobald der Wissenstransfer zwischen Technik und Natur ganz selbstverständlich geworden sein wird, wird man auch von einer Biostrategie sprechen können, die Natur

und Technik zu einem unentwirrbaren Neuen verzahnt, einem großen Ganzen, das natürliche und technische Umwelt gleichwertig umfasst. Die Querverbindungen werden so sein müssen, dass der Einfluss des Menschen systemerhaltend und nicht mehr systemzerstörend ist. Ich sehe keine Alternative zu diesem Weg. •

Werner Nachtigall

Abbildungsnachweis

Farbabbildungen vom Verfasser. Die Strichzeichnungen stammen aus früheren Arbeiten des Verfassers und gehen auf die folgenden Autoren zurück:

- Abbildung 5 → Dürr (1989),
- Abbildung 6 → Weber (1930).
- Abbildung 8 → Dylla, Krätzner (1977).

Literatur

Angegeben sind neben einigen Sammelwerken nur Literaturstellen, auf die sich Text oder Abbildungen direkt beziehen.

- Ablay, P. (2006): Wechselschritte auf dem Tanzboden der Evolution. In: Blüchel, K./Malik, F. (Hrsg.): *Faszination Bionik*. München, S. 256–273
- Barthlott, W./Neinhuis, C. (1997): Purity of the sacred lotus or escape from contamination in biological surfaces. *Planta*, 202, S. 1–8
- Dürr, H. (1989): Artificielle Photo-Synthese. Ein Beitrag zum Problem der Sonnenenergie-Konversion. *Magazin Forschung der Uni. d. Saarlands* 1, S. 61–67
- Dylla, K./Krätzner, G. (1977): *Das biologische Gleichgewicht*. Heidelberg
- Küppers, U./Aruffo-Alonso, Cr. (1995): Verpackungsbionik: Umweltökonomische Optimierung technischer Verpackungen. In: Nachtigall, W. (Hrsg.): *BIONA-report 9, Technische Biologie und Bionik 2, 2. BIONIK-Kongress Saarbrücken 1994*, Stuttgart u.a., S. 171–175
- Monier, J. (1880): Verfahren zur Herstellung von Gegenständen verschiedener Art aus einer Verbindung von Metallgerippen mit Cement. Kaiserliches Patentamt, Patentschrift Nr. 14673, Klasse 80
- Nachtigall, W. (1974): *Phantasie der Schöpfung. Faszinierende Entdeckung der Biologie und Biotechnik*. Hamburg
- Nachtigall, W. (1983): *Biostrategie. Eine Überlebenschance für unsere Zivilisation*. Hamburg
- Nachtigall, W. (2002): *Bionik. Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler*. 2., völlig überarb. u. stark erw. Aufl., Berlin u.a.
- Nachtigall, W. (2008): *Bionik. Lernen von der Natur*. C.H.Beck Wissen, München
- Nachtigall, W./Bilo, D. (1965): Die Strömungsmechanik des *Dytiscus-Rumpfes*. *Z. Vergl. Physiol.* 50, S. 371–401
- Nachtigall, W./Blüchel, K. (2001): *Das große Buch der Bionik. Neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*. 2. Aufl., München
- Rechenberg, I. (1973): *Evolutionsstrategie – Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution*. Fromann-Holzboog, *Problemata* 15. Folgeband: *Evolutionsstrategie 94. Werkstatt Bionik und Evolutionstechnik, Band I*. Frommann-Holzboog, Stuttgart (1994)
- Vester, F. (1999): *Die Kunst vernetzt zu denken: Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit der Komplexität*. Stuttgart
- v. Gleich, A. et al. (2007): *Bionik. Aktuelle Trends und zukünftige Potentiale*. Universität Bremen, Fachbereich 4, Fachgebiet 10
- Weber, H. (1930): *Biologie der Hemipteren. Eine Naturgeschichte der Schnabelkerfe*. Berlin

Baubotanik

**Wie Technik, Natur- und Kulturwissenschaften
zu einer neuen Architekturform verwachsen**



Sie sprießt, sie wächst, sie treibt aus. Sie strebt und wallt. Die Baubotanik fordert den Architekten als Gärtner. Der Begriff Baubotanik ist am Institut Grundlagen moderner Architektur und Entwerfen an der Universität Stuttgart (Igma) entwickelt worden und beschreibt die Idee, Tragstrukturen aus lebenden Holzpflanzen zu bilden. Baubotanische Bauten sind lebende Bauten, deren Lebendigkeit keineswegs metaphorisch zu verstehen ist. Baubotaniker realisieren seit mehreren Jahren schon Bauten aus „lebendigem Holz“. Dabei versuchen sie, das Entstehungsprinzip des natürlichen Wachstums mit dem des ingenieurmäßigen Fügens zu kombinieren und die Gestaltqualitäten lebender Bäume mit den statischen Funktionen und baulichen Anforderungen einer Tragstruktur in einem Bauteil zu vereinen (01).

1. Begriff

Wie weit sind die botanischen Grundlagen für ein baubotanisches Bauen bereits erforscht und welche Parameter müssen in einer zukünftigen baubotanischen Forschung entwickelt werden? Welche bereits bestehenden architekturtheoretischen Konzepte gewinnen durch die Baubotanik

an Aktualität? Welche neuen Perspektiven eröffnen sich für die Architektur, die im Prinzip in Differenz zur Natur entworfen und konstruiert wird? Diese Fragen kennzeichnen den Beginn der Zusammenarbeit von Architekten, Bionikern/Botanikern und Ingenieuren mit Philosophen, Ethik-

ABSTRACT

The approach of Baubotanik is to understand architecture as an aspect of botany and use „living“ wood as a construction material. It can be translated as „living plant construction“. It attempts to achieve the aesthetic qualities of plant growth within the requirements of structural statics and tectonic principles of engineering.

By using living support structures within the main support system of a building, they are above all dependent on the self-preservation system of the living plants, given that a building which contains living structural elements is itself exposed to the constant process of growth and, at the same time, to the danger of die-back. It develops its own characteristics and particularities and introduces a new understanding of the temporality of architecture, now that the future shape of architecture is not only influenced and formed by deterioration and decay but also by adaptive growth as a reaction to environmental conditions.

How far have the botanical principles for Baubotanik been explored, and which parameters have to be developed for future research on living plant construction? This raises the question of which existing theoretical architectural concepts will become more important and topical through Baubotanik. And also which new perspectives open up to architecture, which can now no longer merely be designed and constructed as an artefact in contrast to nature.

forschern und Kulturwissenschaftlern in der neu gegründeten Forschungsgruppe Baubotanik – Lebendarchitektur am Igm. Baubotanische Strukturen unterliegen bestimmten physiologischen Gesetzmäßigkeiten und damit eigenen konstruktiven Regeln. Zum einen entwickeln sie eigene gestalterische Qualität, indem sie auf wechselnde Umweltbedingungen reagieren. Zum anderen werden in der Baubotanik zur Konstruktion von Tragstrukturen Wachstumsprozesse gezielt eingesetzt und sind so zumindest zu Teilen dem menschlichen Tun verfügbar geworden. Dadurch wird die gewohnte Trennung zwischen den autonomen Prozessen der Natur und der Autonomie von Artefakten in Frage gestellt. Baubotanische Strukturen sind weder rein künstliche noch rein natürlich gewachsene Produkte. Sie sind etwas Drittes, durchaus Strittiges, wofür die Philosophin Nicole Karafyllis den Begriff des Biofakts eingeführt hat (KARAFYLLIS 2003). Die Forschungsgruppe Baubotanik – Lebendarchitektur sieht in der Erforschung und Entwicklung derart strittiger Objekte ihre interdisziplinäre Herausforderung und versucht, bereits strukturell diesem Anspruch gerecht zu werden: Forschungen in den Bereichen Botanik, Konstruktion, Ästhetik, Bioethik und Kulturtheorie bilden einen sich gegenseitig befruchtenden Erkenntnisprozess aus, wobei die drei Bereiche „Botanik“, „Konstruktion“ und „Theorie“ zurzeit die Schwerpunkte bilden, die je für sich aus der Architektur heraus motiviert sind und aktuell im Rahmen von Promotionen bearbeitet werden.

2. Koproduktion

Baubotanische Konstruktionen sind Verbundstrukturen, bei denen die das Primär-



Vogelbeobachtungsstation Waldkirchen,
© Entwicklungsgesellschaft für
Baubotanik

tragwerk bildenden Pflanzen mit technischen Bauteilen verbunden werden. Sie entstehen in Koproduktion des Architekten mit der Pflanze. Ein Prozess, der gerade an den Stellen, an denen technische mit lebenden Teilen verbunden sind, ablesbar ist: Schon wenige Wochen nach Fertigstellung/Konstruktion/Bauabschluss werden erste Überwallungen sichtbar, die nach einigen Monaten deutlich hervortreten (02a bis 02e).

Gleichzeitig beginnt die Pflanze über die konstruierte Geometrie der Tragstruktur zu triumphieren, die im Laufe des Sommers in einem wild wuchernden Blätterwald verschwindet, um erst im Winter wieder ihre artifizielle Struktur zu zeigen. Die Gestalt des Bauwerks lässt sich mit ein wenig botanischer Erfahrung ungefähr



abschätzen, exakte Aussagen über ihre zukünftige Entwicklung sind jedoch unmöglich – die Gestaltungshoheit über das Bauwerk liegt zu Teilen bei der Pflanze. Der Architekt gibt jedoch nicht nur einen Teil seiner Gestaltungshoheit an den Baum ab, sondern wird zudem abhängig von dessen Gestaltungsfähigkeit. Um Prognosen über den Zustand der vorhandenen Tragfähigkeit stellen zu können, muss er in der Lage sein, die Vitalität der sich entwickelnden Struktur zu erkennen. Architekt und Pflanze bleiben so über die (Jahres-)Zeiten hinweg Koproduzenten einer sich durch Wachstum und Selektion immer weiter entwickelnden Struktur (03, 04).

Ein Ingenieur würde die Koproduktion vornehmlich auf die mechanischen Gesetzmäßigkeiten der Pflanze reduzieren, während für den Architekten die „autobiographische“ Entwicklung einer teilautonom wachsenden Struktur von entscheidender Bedeutung ist. Der Ingenieur abstrahiert notwendigerweise aus einer Reihe sich individuell entwickelnder Pflanzen und Strukturen mechanische Gesetzmäßigkeiten, die für die Konstruktion einer baubotanischen Struktur von Wichtigkeit sind. Der Architekt hingegen sieht die individuelle Entwicklung jeder einzelnen Pflanze als maßgeblich für den Gestaltungsprozess an. Der Baubotaniker hat den Anspruch, die Ambivalenz seines Projekts auszuhalten: Zum einen verfolgt er das Ziel, das Wachstum und die Entwicklung der verwendeten Pflanzen zu verstehen, zu beeinflussen und zu prognostizieren. Zum anderen versucht er auch, sich den Wachstumsprozessen der Pflanzen anzupassen, damit das baubotanische Objekt von ihnen weitestmöglich profitieren kann. Auf diese Weise schleicht sich in die Architektur ein Aspekt ein, der ihr immer fremd war und mit Vorliebe der Malerei und Musik zugeschrieben wurde: das mimetische Verhalten. In dem Maße, in dem der Baubotaniker Strukturen vorgibt, handelt er wie ein Architekt, in dem Maße aber, in dem er sich natürlichen Prozessen gegenüber mimetisch verhält, verwandelt er sich in einen Gärtner.

*Entwicklung eines Verbindungsdetails
Pflanze-Edelstahlrohr über 3 Jahre,
© Entwicklungsgesellschaft für Bau-
botanik*

3. Wachstum

Auf jeden Fall muss der Baubotaniker, wenn er artifizielle pflanzliche Tragstrukturen ausbilden möchte, zunächst verstehen, wie bei Bäumen das System aus Stämmen, Ästen und Zweigen, das als eine „natürliche pflanzliche Tragstruktur“ angesehen werden kann, entsteht. Wer pflanzliches Wachstum in den Dienst der Architektur stellen möchte, muss dessen relevante Gesetzmäßigkeiten und Grundregeln kennen. Und wer baubotanische Tragwerke, also belastbare Strukturen aus lebenden Pflanzen, realisieren will, muss sich zunächst klar machen, wie die Tragstruktur von Bäumen aufgebaut ist, wie sie entsteht, wie sie sich im Laufe der Zeit verändert und welche Leistungsfähigkeit sie besitzt.

Wie also wächst der Baum? Wachstum, definiert als die nicht mehr rückgängig zu machende Substanzzunahme eines Organismus, ist bei Pflanzen dadurch charakterisiert, dass es „offen“ ist: Bäume sind nie wirklich ausgewachsen, sondern darauf angewiesen, ständig weiter zu wachsen. In bestimmten Bereichen bleiben lebenslang embryonale Zellen, sogenannte meristematische Gewebe, erhalten. Bei den meisten in Mitteleuropa verbreiteten Baumarten sind im oberirdischen Bereich drei wichtige Teile meristematischer Gewebe auszumachen: Die Triebspitze mit dem so genannten Vegetationskegel, die Seitenknospen und das Kambium.

Der Vegetationskegel ist ein Ort enormer Zellteilungsaktivität, sozusagen die „Produktionseinheit“, in der alle Basisgewebe der jungen Sprossachse entstehen. Hier bilden sich schon gerade Pflanzenachsen-Abschnitte, die Internodien und die Nodien, mit den Blattanlagen und Seitenknospen in einem arttypischen Muster heraus. Unterhalb der Triebspitze strecken sich insbesondere die Zellen der Internodien, und die jungen Zellen differenzieren sich zu Dauergeweben aus. Dann haben diese Teile der Pflanzenachse bereits ihre endgültige Länge erreicht, die sich zeitlebens nicht mehr verändern kann. Die meristematischen Gewebe in den Nodien, die Seitenknospen, bleiben zumeist im ersten Jahr „schlafend“ und treiben im folgenden Jahr aus, wodurch die jeweils arttypischen Verzweigungsmuster junger Bäume entstehen.

4. Adaptivität

Diese Wachstumsprozesse zeigen eine enorme Varianz und Anpassungsfähigkeit an Umweltbedingungen. Nicht nur die Zellteilungsaktivität an der Triebspitze ist beispielsweise von der Wasser- und Nährstoffversorgung und der Lage im Baum abhängig, auch die Streckung der Internodien wird von Umweltfaktoren wie beispielsweise der Lichtsituation beeinflusst. Wann und wie sich die jungen Gewebe der Internodien ausdifferenzieren, ist ebenfalls umweltabhängig: Sie können z. B. frühzeitig verholzen und damit versteifen oder länger grün und flexibel bleiben. Entscheidend durch Umweltparameter bestimmt ist auch die „Biographie“ der Seitenknospen: Sie können schon frühzeitig, im Jahr ihrer Entstehung, austreiben, aber auch Jahre oder Jahrzehnte schlafend bleiben. Auf diese Art passt bereits der junge Baum seine Gestalt in einem kontinuierlichen Prozess an seine Umwelt an. Ziel des baubotanischen Ansatzes ist es, durch spezifische Steuerung von Umweltfaktoren in unterschiedlichen Wachstumsphasen auf diese Wachstums- und Differenzierungsprozesse gezielt einzuwirken, um die Achsengeometrie, die Achsenstruktur und die Verzweigungsstruktur an eigene Ziele anzupassen.

Das dritte wichtige Wachstumsgewebe, das Kambium, entwickelt sich sekundär aus dem sogenannten Prokambium. Es ist ein zylinder- bzw. kegelförmiger Mantel teilungsfähiger Zellen, der zwischen Holz und Rinde lokalisiert ist und Bäumen ein sekundäres Dickenwachstum und damit eine lebenslange Anpassung der Achsengeometrie und -struktur ermöglicht. Für Bäume bietet das einen enormen Vorteil, da sich mit fortschreitendem Alter und zunehmender Pflanzengröße die Anforderungen an die Pflanzenachsen, die im Baum Stütz-, Leit- und Speicherfunktionen übernehmen, erheblich vergrößern: Immer größere Mengen an Wasser, Nährstoffen und Assimilaten müssen über immer längere Strecken transportiert werden. Gleichzeitig muss ein mit zunehmender Größe wachsendes Eigengewicht ausbalanciert werden, und die auftretenden äußeren Kräfte (insbesondere Windlasten) nehmen mit der Größe exponentiell zu. Durch die Wachstumsaktivität des Kambiums reagieren Bäume auf diese steigenden Anforderungen nicht nur mit einer Zu-



03

Steg (Prototyp), Winter, © Entwicklungsgesellschaft für Baubotanik



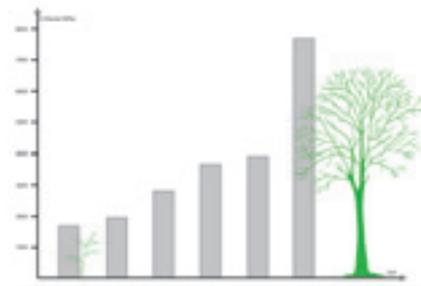
04

Steg (Prototyp), Sommer, © Entwicklungsgesellschaft für Baubotanik

nahme des Achsendurchmessers (Dickenwachstum), sondern passen im Verlauf ihrer Entwicklung insbesondere die biomechanischen Eigenschaften ihrer Achsen auch strukturell an die sich verändernden Anforderungen an.

So kommt es im Verlauf der Ontogenie von Bäumen bei zunehmender Biegebeanspruchung junger Achsen zu einer Zunahme der Biegeelastizitätsmoduli auf das fünf- bis sechsfache (05). Diese drastischen Änderungen der mechanischen Eigenschaften werden ausgelöst durch Veränderungen des Achsenaufbaus, die auf mindestens vier hierarchisch organisierten strukturellen Ebenen stattfinden können: auf der Achsenstruktur (integrale Ebene), der Gewebestruktur (makroskopische Ebene), der Ebene der Zellstruktur (mikroskopische Ebene) und der Zellwandstruktur (ultrastrukturelle Ebene), (SPECK 1994). Insbesondere gegenüber mechanischen Reizen zeigt das Kambium auch lokal große Adaptivität: Auf hohe lokale Spannungen reagiert es mit verstärktem Wachstum, so dass an besonders beanspruchten Bereichen mehr Holz angelagert wird („Axiom der konstanten Spannung“). Dadurch können Spannungsspitzen abgebaut und im zeitlichen Mittel eine annähernd konstante Spannungsverteilung auf der Oberfläche und damit eine optimale Ausnutzung des „verwendeten Baumaterials“ erreicht werden (MATTHECK 1995). Überwallungen, wie sie an baubotanischen Details zu beobachten sind, sind also keineswegs zufällige Ereignisse, sondern Folge gezielter Ausnutzung des Axioms konstanter Spannung.

Die Baubotanik sieht gerade in den adaptiven Potentialen des Kambiums Möglichkeiten, Wachstumsprozesse unmittelbar für das Konstruieren fruchtbar zu



05

Entwicklung der Steifigkeit im Verlauf der Ontogenie bei selbsttragenden Bäumen, © plant biomechanics group freiburg

machen. Sie untersucht die Frage, inwieweit es möglich ist, die Selbstoptimierungsprozesse von Bäumen auf technische Tragstrukturen aus „lebendem Holz“ zu übertragen. Die oben beschriebene Anpassung auf mehreren hierarchischen Strukturebenen bis hinein in submikroskopische Bereiche ist typisch für Wachstumsprozesse. Im Gegensatz zum rein technischen Konstruieren liegt in der Baubotanik die Chance, auch diese Strukturoptimierung auszunutzen zu können.

5. Selektion

Zur Gestaltentwicklung von Bäumen gehören nicht nur die oben beschriebenen Prozesse des Wachstums, sondern auch das Absterben von ganzen Pflanzen oder Pflanzenteilen: Keimen auf einer Fläche viele junge Bäume, so bedrängen sich diese mit zunehmender Größe. Im Konkurrenzkampf um Raum und Ressourcen bleiben die schwächeren mehr und mehr im Wachstum zurück und sterben letztlich ab. Nach YODA (1963) ist die maximal mögliche Anzahl von Pflanzen auf einer bestimmten Fläche eine Funktion des Pflanzengewichts, wobei Standortfaktoren als Parameter in diese Rechnung eingehen (Self-Thinning-Regel). Für Baumbestände kann eine ähnliche Beziehung zwischen dem Stammdurchmesser (BHD) und der Stammzahl festgestellt werden (REINEKE 1933). Ähnliche Selektionsprozesse laufen ebenfalls auf Ebene der einzelnen Pflanze ab: So konkurrieren selbst einzelne Äste um Licht, wobei stark beschattete und damit photosynthetisch ineffiziente Äste absterben und vom Baum abgestoßen werden (Ast- bzw. Zweigreinerung). Bäume optimieren ihre Gestalt auch dadurch, dass sie zeitlebens die Komplexität ihrer Verzweigungsstrukturen und damit ihres Tragwerks reduzieren und sich vom Ballast überflüssiger Masse befreien.

Selbstverständlich sind auch baubotanische Tragstrukturen derartigen Selbstreinigungsprozessen unterworfen. Für ihre Planung stellt dies eine besondere Herausforderung dar, denn das statische System eines Tragwerks muss dann als eine Funktion der Zeit gedacht werden. Daher ist es wichtig darauf zu achten, dass in einer baubotanischen Tragstruktur ein Bauteil, das der konstruierende Architekt für notwendig hält, von der Pflanze nicht als entbehrlicher Ballast empfunden wird, den sie

so schnell wie möglich wieder loszuwerden versucht.

6. Grenzen des Wachstums

Wer Wachstumsprozesse für sich nutzbar machen möchte, muss sich im Klaren darüber sein, dass jegliches Wachstum, ja überhaupt jegliche Lebensprozesse, Energie verbrauchen. Diese Energie wird bei Pflanzen ausschließlich durch die Photosynthese bereitgestellt. Die auf einer gegebenen Grundfläche mögliche Blattfläche, die Effizienz der Photosynthese und die Sonneneinstrahlung begrenzen die einem Baum oder einem Wald zur Verfügung stehende Energie und damit auch die mögliche Gesamtmenge lebender Gewebe. Das Volumen „lebenden Holzes“, das auf einer bestimmten Fläche existieren kann, können wir als das maximal mögliche Konstruktionsvolumen ansehen, das dem Baubotaniker für seine Tragstrukturen zur Verfügung steht. Welche Größenordnung es annehmen darf, zeigt der Vergleich mit dem sogenannten Holzvorrat eines Waldes. In Volumenfestmetern pro Hektar (Vfm/ha) gemessen, gibt er das Volumen aller Äste und Stämme mit einem Durchmesser von mehr als 70mm pro ha Waldfläche an. Je nach Baumart und Standort schwankt der Wert zwischen 200 und 400 Vfm/ha (PRETZSCH 2002). Um sich dieses Volumen zu verdeutlichen, kann man es sich als eine die gesamte Grundfläche bedeckende massive Holzplatte vorstellen. Diese das gesamte Konstruktionsvolumen eines Waldes abbildende Platte hätte eine Dicke von lediglich zwei bis vier Zentimeter! In Relation zu den im menschlichen Bauen verwendeten Materialmassen ein minimales Volumen, aus dem der Mensch gerade mal einen Fußboden zu zimmern pflegt.

Entsprechend sollte und muss auch der Baubotaniker mit einem außergewöhnlich geringen Konstruktionsvolumen auskommen. In seinen Projekten erlangen daher die Prinzipien des Leichtbaus neue Aktualität: Hatte noch der Leichtbau-Pionier Richard Buckminster Fuller sein Dymaxion-Haus gewogen, um ein Beispiel dafür zu geben, wie material- und kostensparend in der Zukunft gebaut werden sollte, gilt in der Baubotanik eine weit dramatischere, ja existenzielle Obergrenze des Gewichts: Wer sie missachtet, wird mit dem Absterben des Bauwerks abgestraft.

Um wie viel nimmt nun diese Holzmasse jährlich durch Wachstum zu? Wiederum soll der Vergleich mit dem Wald weiterhelfen: Inklusive aller Zweige, Äste und Stämme wächst die Holzmasse eines Waldes jährlich um ca. 3,5 bis 10 Volumenfestmeter pro Hektar Waldfläche (PRETSCH 2002). Stellt man sich auch dieses Volumen als eine den Boden vollständig bedeckende Holzschicht vor, so hat diese Schicht eine Dicke von nur 0,35 bis 1,0 mm.

Um Wachstumsprozesse nutzen zu können, unterwirft sich der Baubotaniker den Gesetzen und Grenzen dieses Wachstums. Er macht dabei die Erfahrung, dass die Pflanze nicht nur vorgibt, wo viel Konstruktionsvolumen zur Verfügung steht, sondern dem Architekten mit ihrer maximalen Wachstumsgeschwindigkeit auch die botanischen Gesetze der zeitlichen Entwicklung seines Bauwerks diktiert. Der Chance, die „Intelligenz des Ingenieurs mit der Intelligenz der Natur“ kombinieren zu können, stehen in der Baubotanik strikte, die Freiheit des Entwerfens beschneidende Determinationen gegenüber – aber auch die Möglichkeit, sich von unvermuteten Prozessen und Ergebnissen überraschen zu lassen, die unsere ästhetische Phantasie bereichern.

7. Neukonstruktion des Baums

Betrachten wir die Achsenstruktur eines Baumes als Tragwerk, so stellen wir zunächst fest, dass eine offene Verzweigungsstruktur mit dem statischen System einer eingespannten Stütze vorliegt. Hauptbelastungen sind neben dem Eigengewicht insbesondere horizontal angreifende Windlasten, die auf die Blätter bzw. die Baumkrone einwirken. Diese Kräfte werden über die Zweige, Äste und Stämme in das Erdreich abgetragen. Doch nicht nur die an den Blättern angreifenden Kräfte nehmen diesen Weg, auch die in den Blättern produzierten Assimilate werden über die Zweige, Äste und Stämme zu den Wurzeln hinabgeleitet. Im Baum ist daher der „Saftfluss“ dem Kraftfluss sehr ähnlich.

Bedingt durch das statische System entstehen in allen Achsenabschnitten hohe Biegebelastungen und Schwingungen. Aus technischer Sicht keine ideale Lösung, denn bei Biegebelastungen werden nur die Randbereiche der Trägerquerschnitte belastet – das ist alles andere als ein materialsparendes und energieeffizientes

Konstruieren. Daher hat schon der Stuttgarter Leichtbau-Pionier Frei Otto „Kritik am statischen System der Bäume“ geübt: Bäume hätten mit ihren offenen Verzweigungsstrukturen zwar eine sehr günstige Konstruktion gefunden, um möglichst viele Blätter ans Licht zu bringen, dies stelle aber keine optimale technische Lösung dar (vgl. OTTO 1992).

In der Baubotanik werden daher fachwerkartige Tragstrukturen aus Bäumen gebildet. Das bedeutet aus Sicht der Mechanik, dass eine frei schwingende und auf Biegung belastete Struktur in eine eher steife, auf Druck und Zug belastete Struktur überführt wird. Konstruktiv entsteht dadurch zunächst der Vorteil einer besseren Materialausnutzung, die es ermöglicht, zusätzliche Bauwerkslasten in die Struktur einzuleiten. Nur so können lebende Pflanzen überhaupt in der Architektur tragende Funktionen übernehmen, ohne dass für die Konstruktion das maximal mögliche (biologisch beschränkte) Tragwerksvolumen überschritten wird (s. o.). Es bleibt aber zu fragen bzw. zu untersuchen, wie sich diese Veränderungen des Systems auf die Wachstums- und Lebensvorgänge im Detail auswirken. Kommen die möglicherweise konstruktiv nutzbaren adaptiven Wachstumsprozesse in einer lebenden Fachwerkstruktur überhaupt noch zum Tragen oder sind die das Wachstum stimulierenden Spannungen zu gering? Mit welchen Folgen ist zu rechnen, wenn in eine baubotanische Tragstruktur Kräfte (z. B. durch Nutz- oder Verkehrslasten) eingeleitet werden, ohne dass zusätzliche Assimilate fließen?

8. Wachsen und Konstruieren

Baubotanische Strukturen sind zum einen Ergebnis menschlicher Planung und zum anderen Resultat der Interaktion zwischen genetischen Grundmustern des Baumes

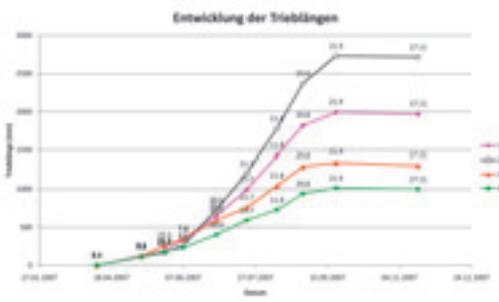
ZUSAMMENFASSUNG

Architektur als eine Frage der Botanik zu verstehen, und lebendes Holz als Konstruktionswerkstoff zu nutzen ist der Ansatz der Baubotanik. Durch ihren Einsatz im primären Tragsystem eines Bauwerks sind baubotanische Tragstrukturen vornehmlich vom Systemerhalt der lebenden Pflanzen bestimmt. Ein Gebäude, das lebende Bauteile enthält, unterliegt selbst einem ständigen Prozess des Wachsens und ist gleichzeitig der Gefahr des Absterbens ausgesetzt. Es bildet seine Eigentümlichkeiten aus und führt ein neues „Gefühl“ für die Zeitlichkeit in der Architektur ein, wenn nicht mehr nur Verschleiß und Verfall des Materials, sondern adaptives Wachstum als Reaktion auf Umweltbedingungen die zukünftige Gestalt der Architektur prägen.

Wie weit sind die botanischen Grundlagen für ein baubotanisches Bauen bereits erforscht, und welche Parameter müssen für eine zukünftige baubotanische Forschung entwickelt werden? Welche bereits bestehenden architekturtheoretischen Konzepte gewinnen durch die Baubotanik an Aktualität, und welche neuen Perspektiven eröffnen sich für die Architektur, die nun nicht mehr als Artefakt in Differenz zur Natur entworfen und konstruiert werden kann?



06a



06b

Links: Versuchsgewächshaus zur Produktion von baubotanischem Pflanzenmaterial, rechts: Wirkung der Lichtspektren auf das Längenwachstum, © FG Baubotanik – Lebendarchitektur

und Umweltfaktoren. Sie entstehen jedoch nicht mehr wie der Baum in einem kontinuierlichen Prozess, sondern weisen mindestens drei klar voneinander zu unterscheidende Phasen auf: die Wachstumsphase vor dem Konstruieren, die Konstruktionsphase und die Wachstumsphasen nach der Errichtung des baubotanischen Bauwerks.

Durch die spezifische Steuerung von Umweltfaktoren wird in der Baubotanik versucht, in den unterschiedlichen Phasen unterschiedliche Wachstumsmuster zu aktivieren. Durch Kombinationen von Umweltfaktoren und Intensitäten, die in der Natur nicht üblich sind, sollen Wuchsformen bis an die morphologischen Grenzen pflanzlichen Wachstums beeinflusst werden. So sollen normalerweise gleichzeitig ablaufende Prozesse zeitlich aufgetrennt und „nach Bedarf“ abgerufen werden. Dies bedeutet im Detail, dass der Baubotaniker auf die Zellteilungsaktivität der meristematischen Gewebe und die sich anschließenden Phasen der Zellstreckung und Zelldifferenzierung so spezifisch wie möglich einzuwirken sucht.

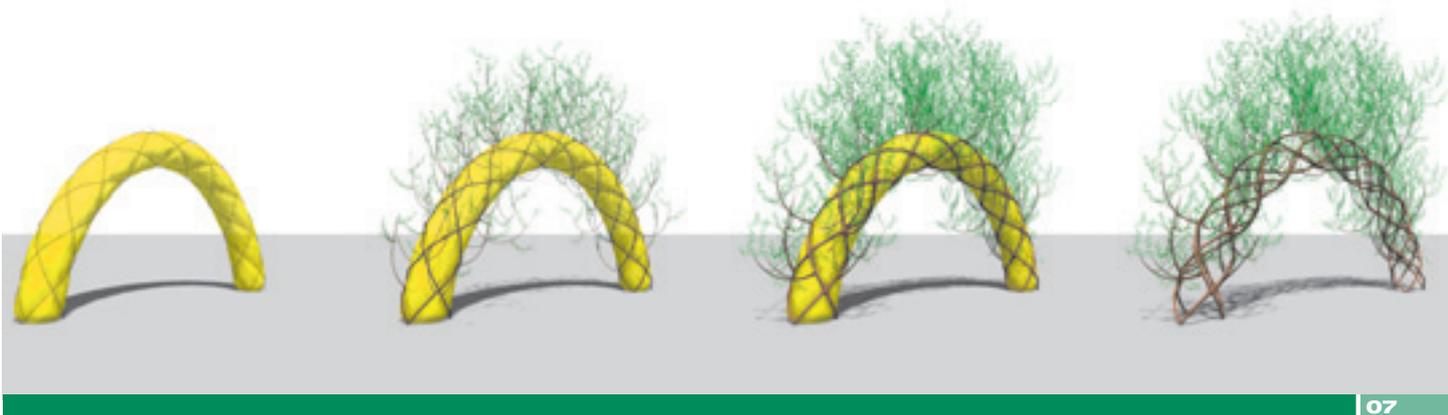
In der ersten Phase lautet das Ziel, das benötigte lebende Baumaterial zu produzieren. Es gilt eine als „lebendes Halbzeug“ zu bezeichnende, möglichst unverzweigte, gerade, lange, schlanke und biegsame Pflanzenachse wachsen zu lassen, aus der die gewünschten fachwerkartigen Strukturen gebildet werden können (LUDWIG 2008) (06). In der zweiten Phase, der Konstruktionsphase, werden die so produzierten Pflanzen zu der gewünschten Tragstruktur in der endgültigen Tragwerksgröße gefügt. Hierzu werden sie mit unterschiedlichen Methoden zu Tragelementen bzw. Tragstrukturen verbunden. Ziel ist, dass sich kreuzende bzw. berührende Pflanzen miteinander verwachsen

und technische Bauteile einwachsen. Um dies zu erreichen, wird durch hohe Kontaktbelastung die lokale Kambiumaktivität stimuliert (Überwallungen) oder durch Verletzungen das „Wundheilungsprogramm des Kambiums“ aktiviert. Je nach Anfangsfestigkeit dieser Struktur ist eine temporäre Stützung notwendig und es schließt sich die Erstarkungsphase an (07, 08). Angestrebt wird, dass die zur Tragstruktur geformten Pflanzenachsen möglichst viel und möglichst tragfähiges bzw. steifes Holz bilden, und zwar möglichst dort, wo die zukünftigen Belastungen am höchsten sein werden. Der erstrebte Effekt kann durch künstliche Trainingsbelastungen, sukzessiv steigende Nutzlasten oder auch durch lokale Kambiumstimulation ausgelöst werden.

Die technisch-naturwissenschaftlichen Aspekte dieser Entstehungsphasen werden in der FG Baubotanik innerhalb der Schwerpunkte „Botanik“ und „Konstruktion“ bearbeitet. Damit allein ist es aber nicht getan: Wenn Bauwerke in einem Jahre oder Jahrzehnte dauernden Prozess entstehen, sich ständig weiter entwickeln und gepflegt werden müssen, wenn Nutzungen mit der sich entwickelnden Struktur „mitwachsen“ und sich unterschiedlich ausprägen können, dann überschreitet die Baubotanik die Sphäre der rein technisch und naturwissenschaftlich zu beantwortenden Fragen. Sie gerät auf das Gebiet der Architektur- und Kulturtheorie sowie der Ethik und Ästhetik – Aspekte, die im Forschungsschwerpunkt Theorie bearbeitet werden. Insbesondere ist es der Rollenwechsel des Architekten zum Gärtner, der näher betrachtet zu werden verdient. Grundlegend jedoch steht das veränderte Verhältnis zur Natur, deren Wandelbarkeit nicht zuletzt durch technische und kulturelle Interventionen immer deutlicher zu Tage tritt, zur Diskussion.

9. Zum Einfluss der Biologie auf die Architektur

Die Neukonstruktion des Baums stellt den Botaniker vor das Problem, dass nur der Stamm zur Konstruktion von Fachwerken verwendet wird, ohne dass dabei die Vitalität des Baumes vernachlässigt werden darf. Die oben formulierte „Kritik am Baum“ ist in erster Linie eine Kritik an seiner Tragkonstruktion. Doch indem die



07

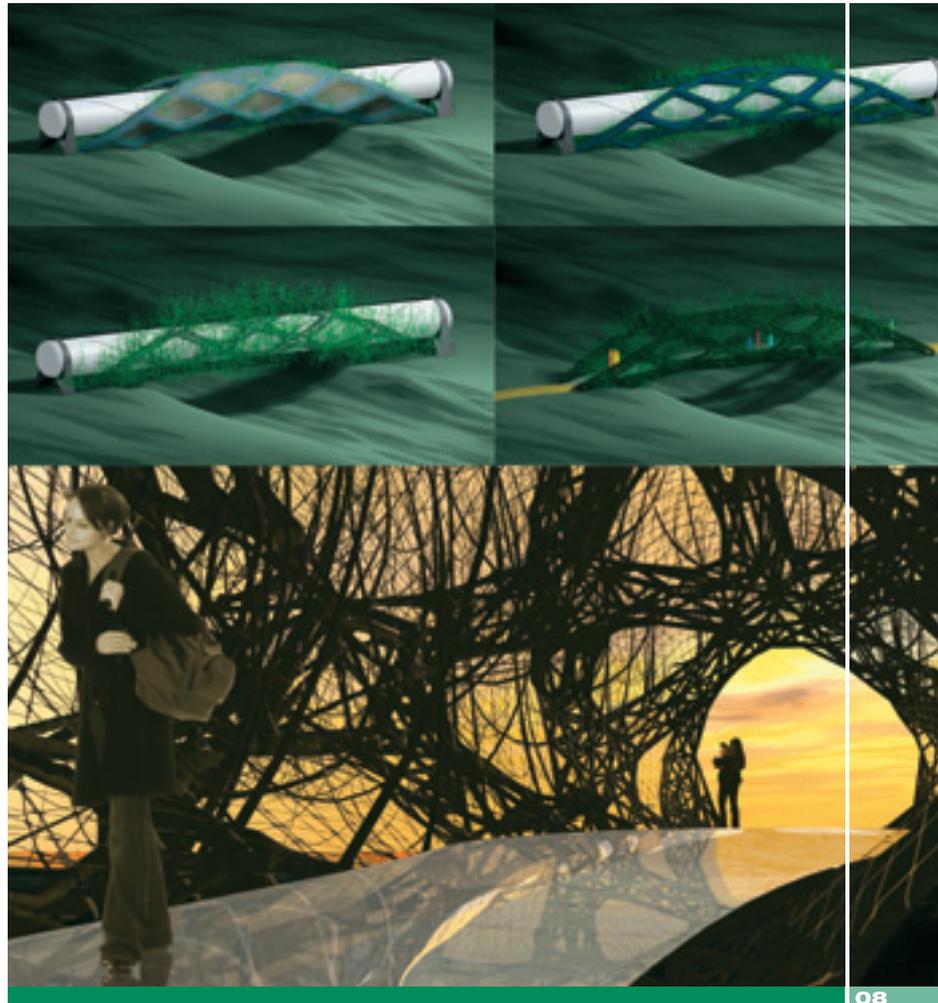
Baubotanik Verzweigungsstrukturen eingespannter Stämme durch Fachwerkstrukturen ersetzt, versucht sie nicht, den Baum mittels technischer Methoden im Sinne eines architektonischen Artefakts zu rekonstruieren. Baubotanik ist vornehmlich als technisch-methodischer Begriff zu verstehen, durch den ein technisch-konstruktives Denken in ein biologisches überführt wird. Deutlich wird diese Differenz in der Abgrenzung zur Bionik und zur Biotechnologie. Die Bionik bezieht ihre technischen Ideen aus der Natur, indem sie natürliche Vorgänge nachahmt, sodann aber in Differenz zur Natur ausbildet bzw. natürliche auf abstrakte Prozesse so weit zu reduzieren sucht, dass diese digital in die Technik übertragen werden können (vgl. SPECK 2008). Technik wird hier weiterhin als ein außerhalb der Natur angesiedeltes höchstes Ziel anvisiert, zu der die bauende Intelligenz der Natur emanzipiert werden soll. Die Baubotanik sieht demgegenüber in den Fähigkeiten lebender Pflanzen den Ort, zu dem die menschliche Technik orientiert werden kann. Das Hauptgewicht wird also auf die natürliche und nicht auf die künstliche Intelligenz gesetzt, weil ersterer ein höherer Komplexitätsgrad unterstellt werden kann, der sich im Begriff der Vitalität bereits ankündigt.

Entgegen einer bionischen Verwendung bestimmter Eigenschaften des Baums in der Architektur und im Unterschied zum Versuch, bestimmte Natureigenschaften möglichst funktionsidentisch auf ein technisches Bauteil zu übertragen, interagiert die Baubotanik mit lebendigen Pflanzen. Dadurch überträgt sie sämtliche Eigenschaften der Pflanzen auf die Architektur. Auch diejenigen, die nicht primär für die technische Konstruktion benötigt werden.

Das betrifft beispielsweise das Blätterwachstum, das aus der Perspektive der Architektur unkontrolliert erscheint und eine scheinbare Verwilderung des Bauwerks zur Folge hat (09). In Wahrheit ist aber das, was wir als Wildwuchs betrachten, aus Sicht des Baumes ein „kontrollierter“ Vorgang: sein jährlicher Austrieb, die üppige Ausbildung von Blättern und Rinde, sowie sein Erscheinungsbild über die Jahreszeiten hinweg repräsentieren Eigenschaften

Pneumatische temporäre Stützstruktur und sich entwickelndes baubotanisches Tragwerk. © FG Baubotanik – Lebendarchitektur

Baubotanische Brücke, mögliche Entstehungsphasen. © FG Baubotanik – Lebendarchitektur



08



09

Steg kurz vor Pflegeschnitt. © Entwicklungsgesellschaft für Baubotanik

des Baumes, die nicht für seine Statik, sondern für seine gesamte Vitalität notwendig sind. Diese Vitalitätsaspekte (Kronenstruktur, Austrieb und Distributionssysteme) werden in der Baubotanik nicht durch künstliche Systeme ersetzt, sondern verbleiben als maßgebliche ästhetische Qualitäten, welche die Erscheinung und Gestalt der Struktur dominieren, den jeweiligen Zustand ihrer Vitalität als „Autobiografie“ zum Ausdruck bringen und somit die Zeichenhaftigkeit des Baums in der Architektur kenntlich werden lassen. Während in der Bionik das Ergebnis des kreativen Übertragungs- und Abstraktionsprozesses natürlicher Vorgänge auf künstliche Strukturen die Gestalt eines technischen Artefakts annimmt, bleibt in der Baubotanik die Mannigfaltigkeit der konstruktiv verwendeten technischen wie lebenden Bauteile erhalten und wird als solche sichtbar. Baubotanische Strukturen bleiben abhängig von allen vorherrschenden Einbindungen in die sie umgebenden Ökosysteme und versprechen erst dann wirkliche Gewissheit, wenn sie gezielt auf ihre „Autobiographie“ hin konstruiert und befragt werden können. Dass der Architekt zum Gärtner wird, heißt ja nicht nur, dass er von der Planung auf die Pflege umstellt, sondern sich aus einem Initiator von Funktionsabläufen zu einem Beobachter und Begleiter von Lebensprozessen verwandelt.

In der sich fortschreibenden Autobiografie des Baus wird das Interaktionsverhältnis zwischen wachsendem und statischem Bauteil offenbar. Mit den (jahres-)zeit-

lichen Veränderungen befreit sich die architektonische Form durch den Einsatz lebender Materialien endgültig von der Gestaltungshoheit des Architekten. Lebende Tragwerke nötigen ihn dazu, ihre statisch interpretierten Eigenschaften zugleich als botanische und artifizielle zu verstehen. Die „künstliche“ Intelligenz des Ingenieurs setzt sich freiwillig in Abhängigkeit zur „natürlichen Intelligenz“ der Pflanze und leitet so die Mutation des Architekten zum Gärtner in die Wege. Zu einem Gärtner, der planen und konstruieren kann und darüber hinaus auch dem enzyklopädischen Wissenschaftscharakter der Architektur die Treue hält (DE BRUYN, 2008), indem er sich als Kultur- und Naturforscher versteht. Als solcher sieht er sich der Tatsache konfrontiert, dass die Biologie so gut wie keine Gesetze kennt, sondern ihre Theorien weitestgehend auf Prinzipien beruhen. Die natürliche Selektion, das Prinzip der Konkurrenz und der Ressourcen stellen keine universellen Gesetze dar, sind aber grundlegende Prinzipien, die in ihrer Begrifflichkeit Konzepte der Theoriebildung sind (MAYR 2002). Zwar bleibt die Statik der Konstruktion einer baubotanischen Struktur weiterhin von physikalischen Gesetzmäßigkeiten abhängig, jedoch entfaltet sie ihr volles konstruktives wie ästhetisches Potential erst über die Zeit (SCHWERTFEGER 2008).

Die Aspekte der Zeitlichkeit, Veränderbarkeit und Zufälligkeit, des Wachstums und der lebendigen Textur (Blätterwerk) gewinnen daher in der Baubotanik ein Übergewicht über die vertrauten und doch so fragwürdigen Kategorien der Funktionalität, Tektonik und Stabilität, die mit Peter Eisenman zu den unbewältigten Fragen der so genannten modernen Architektur gerechnet werden können.

• Gerd de Bruyn
Ferdinand Ludwig
Hannes Schwertfeger

DIE AUTOREN

PROF. DR. PHIL. GERD DE BRUYN

ist Architekturtheoretiker und leitet seit 2001 das Institut Grundlagen moderner Architektur und Entwerfen (Iqma), in dem die breit vernetzte Forschungsgruppe „Baubotanik – Lebendarchitektur“ gegründet wurde, die aus den Diplomingenieuren Ferdinand Ludwig (Schwerpunkt Botanik), Oliver Storz (Schwerpunkt Technik) und Hannes Schwertfeger (Schwerpunkt Theorie) besteht. Alle drei haben ihr Diplom am Iqma gemacht und sind derzeit Doktoranden.

Kontakt

Universität Stuttgart, Institut Grundlagen moderner Architektur und Entwerfen, Keplerstrasse 11, K1, Stockwerk 6.a, 70174 Stuttgart
Tel. 0711/685-83320, Fax 0711/685-82795
E-Mail: sekretariat@iqma.uni-stuttgart.de
Internet: www.uni-stuttgart.de/iqma, www.forschung.baubotanik.de



Literatur

- de Bruyn, G. (2008): „Die enzyklopädische Architektur. Zur Reformulierung einer Universalwissenschaft“, Edition ArchitekturDenken, transcript Verlag, Bielefeld (in prep.)
- Karafyllis, N. C. (2003): „Das Wesen der Biofakte“, in: Karafyllis, N. C. 2003 (Hrsg.): „Biofakte – Versuch über den Menschen zwischen Artefakt und Lebewesen“, mentis Verlag, Paderborn 2003, S. 11–26
- Ludwig, F. (2008): „Baubotanik – Trainierbare Tragwerke“, in: de Bruyn, G., Ludwig, F., Schwertfeger, H. (Hrsg.): „Lebende Bauten, Trainierbare Tragwerke“, Lit-Verlag, Münster, (in prep.)
- Mattheck, C. (1995): „Biomechanical optimum in woody stems“. In: Gartner, B. L. (Hrsg.): „Plant stems. Physiology and functional morphology“, Academic Press., San Diego
- Mayr, E. (2002): „Die Autonomie der Biologie“, Naturwissenschaftliche Rundschau, 55. Jahrgang, Heft I, Seite 23–29
- Otto, Frei (1992): „Form, Kraft, Masse (3): ein Vorschlag zur Ordnung und Beschreibung von Konstruktionen“, Krämer, Stuttgart
- Pretzsch, H. (2002): „Grundlagen der Waldwachstumsforschung“, Blackwell Verlag, Berlin
- Reineke, L. H. (1933): „Perfecting a Stand-Density Index For Even Aged Forests“, Journal of Agricultural Research 46(7), 627–638, 1933
- Schwertfeger, H. (2008): „Lebende Bauten – Beton und Ente“, in: de Bruyn, G., Ludwig, F., Schwertfeger, H. (Hrsg.): „Lebende Bauten, Trainierbare Tragwerke“, Lit-Verlag, Münster, (in prep.)
- Speck, T. (1994): „Bending stability of plant stems: ontogenetical, eco-logical, and phylo-ge-ne-tical aspects“, Biomimetics, 2 (2): 109–128.
- Speck, Thomas (2008): „Baubotanik, Bionik, Biotechnologie: Innovative Forschung im Spannungsfeld angewandter Biowissenschaften“, in: de Bruyn, G., Ludwig, F., Schwertfeger, H. (Hrsg.): „Lebende Bauten, Trainierbare Tragwerke“, Lit-Verlag, Münster, (in prep.)
- Yoda, K., Kira, T., Ogawa, H. und Hozumi, K.: „Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions (Intraspecific competition among higher plants XI)“, Journal of the Institute of Polytechnics, Osaka City University, Series 14, S. 107–129, 1963

Better City, better Life

Verstädterung und Investoren-Städtebau in China

Im Kontext der raschen Verstädterung in China, die in den nächsten zwanzig Jahren rund 300 Millionen Menschen vom Land in die Städte umschichten wird, gewinnt die Architektur- und Städtebau-Ausbildung eine besondere Bedeutung. Dies auch, weil die Verstädterung nicht nur ein demografischer und technisch-ökonomischer, sondern vor allem ein kultureller Prozess ist. Noch kann niemand sagen, welcher Lebensstil und welche Stadtkultur sich in den Städten Chinas herausbilden werden. Deutlich sichtbar sind dagegen einige planerische Konflikte, die den aktuellen Verstädterungsprozess begleiten. An der Fakultät für Architektur und Stadtplanung der



Universität Stuttgart studieren und forschen rund 150 chinesische Studenten und Doktoranden. Die Fakultät unterhält Partnerschaften mit der Tongji-Universität in Shanghai und anderen Universitäten. Einige Professoren der Fakultät beteiligen sich häufig an städtebaulichen Wettbewerben, Forschungs- und Planungsprojekten in China. Eine weitere Initiative sind jährliche Fortbildungs-Workshops für chinesi-

sche Architekten und Stadtplaner zum Thema „Energie und Umwelt in Architektur und Städtebau“.

1. Better City, better Life

Nie zuvor wurde eine Viertel Milliarde Menschen so schnell aus ärmlichen Verhältnissen in die moderne Konsumgesellschaft katapultiert, nie zuvor hat ein Land so schnell und in so vielen Bereichen eine dominierende Stellung im Welthandel erreicht. In der Rangliste des „Human

Development Index“, den die Vereinten Nationen jedes Jahr im Hinblick auf Lebenserwartung, Ausbildung und Einkommen veröffentlichen, steht China unter den 177 erfassten Ländern an 77. Stelle, knapp nach Thailand und Kolumbien und knapp vor der Türkei und Jordanien. Der große Rivale Indien liegt 50 Plätze hinter China. Allerdings warten in China rund

eine Milliarde Menschen noch ungeduldig darauf, dass der Aufschwung auch sie erreicht. China kann sich also keine Pause in der rasanten Entwicklung leisten, der demographische und soziale Druck verlangt einen permanenten Boom.

2. Turbo-Verstädterung

Chinas Wirtschaftskraft ist seit 1994 um 100 Prozent und die Stadtbevölkerung um 40 Prozent gewachsen. 80 Prozent des Bruttosozialprodukts wird heute in den 660 größeren Städten Chinas erzeugt. Um 1970 lebten erst 18 Prozent der Menschen in den Städten, 2005 waren es schon 43 Prozent oder 560 Millionen. Es wird erwartet, dass bis 2030 die Stadtbevölkerung auf 870 Mio. steigt. Gleichzeitig nimmt die ländliche Bevölkerung ab, weil jährlich rund 15 Mio. Bauern die Dörfer verlassen und in die Städte strömen.

Shanghai (15 Mio. EW.) und Peking (11 Mio. EW.) stehen an 7. bzw. 17. Stelle in der Rangliste der Megastädte, daneben gibt es in China rund 50 Städte mit einer Bevölkerung über zwei Millionen. In Shanghai, der größten Stadt des Landes, konzentrieren sich aber nur 3 Prozent der Stadtbevölkerung (Mexiko-Stadt: 25 Prozent), weil der Verstädterungsdruck sich auf ein großes und differenziertes Städtensystem verteilt. Dies hält das Wachstum von Shanghai und Peking aber nicht auf: 2015 wird Shanghai 17 Mio. und Peking 13 Mio. Einwohner haben.

Das Konzept der abgrenzbaren Megastädte erscheint in China jedoch überholt, weil sich einige Mega-Agglomerationen und Städte-Cluster herausbilden, deren Bevölkerung 20 Mio. deutlich übersteigt. Dies gilt vor allem für die Verstädterungsregion Shanghai und das Yangtse-Delta, für die Agglomeration Peking-Tianjin-Hebei und für Shenzhen mit dem Pearl River Delta. UN-Habitat nennt solche Mega-Agglomerationen „Hyperstädte“, um zu verdeutlichen, dass das Stadtwachstum in immer größere Dimensionen vorstößt.

Der Verstädterungsprozess in China wird sich erst um 2030 langsam beruhigen, wenn das Land eine Verstädterungsquote von 60 Prozent erreicht. Bis dahin muss mit einem turbulenten Stadtwachstum gerechnet werden, das rund 300 Mio. Menschen vom Land in die Städte umschichten wird. Damit die großen Städte nicht unter dem Zuwanderungsdruck zusammenbrechen,

will man – neben einer raschen Modernisierung der Großstädte – insbesondere die Mittel- und Kleinstädte fördern, um „die Städte zu den Bauern“ zu bringen.

3. Grenzen des Wachstums

Mit 9,6 Millionen Quadratkilometern ist China das viertgrößte Land der Welt; die natürlichen Ressourcen sind aber knapp, wenn man die riesige Bevölkerung von 1,3 Milliarden berücksichtigt. Die Pro-Kopf-Werte wichtiger Ressourcen wie Wasser, fruchtbarer Boden und Energie liegen unter dem Weltdurchschnitt, dennoch gibt es eine enorme Ressourcenverschwendung gerade in diesen Bereichen. In den letzten zehn Jahren ist die Siedlungsfläche um 45 Prozent gewachsen, gleichzeitig ist die landwirtschaftliche Nutzfläche um 70.000 Quadratkilometer geschrumpft. Der jährliche Flächenverbrauch durch die Verstädterung wird auf rund 12.000 Quadratkilometer geschätzt, was etwa einem Drittel der Fläche Baden-Württembergs entspricht. Zwei Drittel aller chinesischen Städte haben Wasserprobleme. Dies wird durch die Verschmutzung noch verschärft, weil das Abwasser in den Städten nur zu 50 Prozent gereinigt wird. Die Austrocknung einiger Flüsse ist weit fortgeschritten und stellt die Existenz ganzer Städte in Frage. Dennoch ist der städtische Wasserverbrauch mit 200 Litern pro Kopf und Tag vergleichsweise hoch, was auch an einer fehlenden Preispolitik und

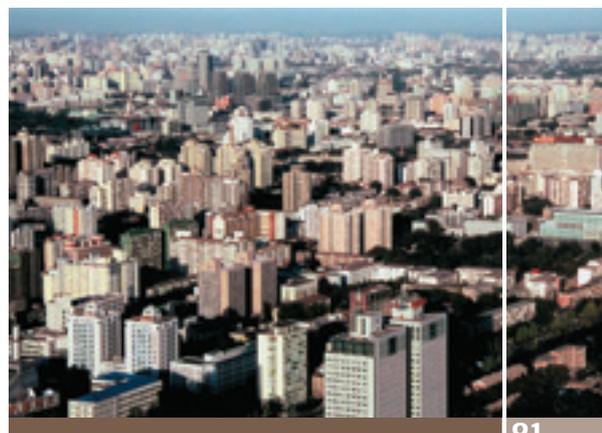
SUMMARY

Within the next three decades, urbanization in China will move about 300 million people from rural to urban areas. At present, there are 560 million people living in cities, 2030 there will be 870 millions. Fast-speed-urbanization in China goes along with serious problems in regard to the protection of natural resources and urban land management. The extensive consumption of land for new industry and housing seems to be particularly critical, due to ambitious local projects and a highly profitable land market. Another critical aspect is the destruction of historical urban areas and residential quarters.

Up to now, only large scale investors and developers take part in urban projects. Large scale housing is mainly aiming at the rising middle class, offering an „exotic“ mix of architecture in „Mediterranean“, „European“ or „Californian“ style. Usually, housing projects are enclosed and introverted „gated communities“, thus promoting social and spatial segregation. However, gated neighbourhoods have always been present, in the traditional city as well as in socialist times.

Another critical aspect is the waste of energy, because of the lack of modern isolation, cooling and heating technology. In order to reduce the import bill for oil and the costs for housing maintenance, almost the total urban housing stock must be updated according to new technical standards, – a gigantic challenge of which nobody knows if this will be feasible in the near future.

In it's quest for „better city, better life“ China has made spectacular progress in terms of housing production. However, as far as the quality of urban life and urban planning is concerned, China is still on the move. Nobody knows how China's cities will function and how they will look like in two or three decades from now.



Neubauten in Peking

Verbrauchskontrolle liegt. Die Energieerzeugung hängt zu 85 Prozent von der umweltverschmutzenden Kohle ab, dabei steigt der Energieverbrauch jährlich um 15 Prozent, was rasch steigende Öl-Importe erfordert. Noch wird die Energie subventioniert, der Weltmarkt wird aber vor China nicht haltmachen, was schon mittelfristig zu rasch steigenden Preisen und damit zu einer Energiekrise führen könnte. Die natürlichen Ressourcen sind also ein kritischer Faktor im Verstädterungsprozess und werden schon jetzt bis an die Grenzen strapaziert. Dies gilt insbesondere für die Küstenregionen, wo sich die Landwirtschaft, das Wasser, die Bevölkerung und der Wirtschaftsboom konzentrieren. China wird deshalb um eine Ressourcen schonende Stadtentwicklung nicht herumkommen. Der Konflikt zwischen der „Turbo-Verstädterung“ und dem Ressourcenschutz ist natürlich schwieriger zu lösen als in Europa, wo die Wirtschaft ungleich langsamer wächst und das Bevölkerungs- und Stadtwachstum weitgehend zum Stillstand gekommen ist.

4. Zentrale Politik, lokale Interessen

Natürlich hat die chinesische Regierung dies erkannt und deshalb die Stadtentwicklung zu einem wichtigen Politik- und Forschungsfeld gemacht. Propagiert wird eine „harmonische Stadtentwicklung durch wissenschaftliche Planung“ und tatsächlich findet man auf allen Ebenen schon eine gute – zumindest theoretische – Kenntnis moderner Kommunalpolitik und -planung, auch die „Agenda 21“ und die „nachhaltige Stadtentwicklung“ sind bestens bekannt. Allerdings sind diese Konzepte in der Praxis noch kaum angekommen. So dynamisch die Wirtschaft wächst, so indifferent verhalten sich die Provinzen und Städte gegenüber allem, was ihre profit- und prestigeträchtigen Projekte bremst.

Was in Chinas Städten noch fehlt, ist eine integrierte Stadtplanung, die in der Lage ist, die zentralen Politikziele, die divergierenden Normen und die lokalen Prioritäten der Bevölkerung in einem strategischen Entwicklungsplan zu vereinen. Auch die Informationssysteme sind noch lückenhaft und damit die Kenntnisse über Ursachen, Zusammenhänge und Folgen der Verstäd-

terung. Aber selbst wenn es eine solche Planung gäbe, wäre es bei der Dynamik und Größenordnung der Verstädterung unmöglich, diese vollständig zu lenken und zu kontrollieren. Die Planungsprobleme verschärfen sich noch mit der Herausbildung riesiger Agglomerationen und Städte-Cluster, deren administrative, funktionale und räumliche Strukturen raschen Veränderungen unterliegen. Um hier wirksam zu agieren, braucht man eine ständige Moderation der städtischen Entwicklung, eine übergreifende Planung und robuste Planungsmethoden.

In den Provinzen, Städten und Distrikten greifen hierarchische Machtstrukturen und undurchsichtige Interessen in die Stadtplanung ein. Allmächtige Bürgermeister fällen die Entscheidungen nach eigenem Geschmack und Interesse, dies nicht selten gegen den Rat ihrer eigenen Planer. Deren Rolle reduziert sich oft darauf, die top-down-Entscheidungen zu vollziehen und den öffentlichen Prestige-Projekten und Investoren zuzuarbeiten. Das Korrektiv einer informierten und kritischen Öffentlichkeit fehlt noch weitgehend, auch wenn es in einigen Städten schon erste Gehversuche einer partizipativen Planung gibt, etwa durch beratende Planer, die als Vermittler zwischen der Lokalregierung und der Bevölkerung agieren.

Wie die Zentralregierung, die sich gern auf Megaprojekte wie die Olympischen Spiele fixiert, so haben auch die Lokalpolitiker einen Hang zu ehrgeizigen und überdimensionierten Projekten. Selbst in abgelegenen Mittel- und Kleinstädten findet man pompöse neue Rathäuser und Messehallen, riesige Boulevards und Stadtautobahnen; natürlich wollen auch die Distrikte ihre Statussymbole, ohne sich mit der Gesamtstadt abzustimmen. Die langfristigen Folgekosten, die der Projekt-Gigantismus verursacht, sind enorm und noch kaum kalkulierbar.

5. Extensive Stadtplanung

In China weisen die bewohnten Stadtgebiete eine hohe Dichte auf (120 Einwohner pro Hektar [EW./ha]; Stuttgart: 35 EW./ha), gleichzeitig ist ein hoher Stadtflächenverbrauch pro Einwohner (130 qm/Person) zu verzeichnen. Dies erscheint paradox, erklärt sich aber dadurch, dass die chinesi-

schen Städte fast zur Hälfte aus Industrie-
flächen bestehen. Im Mittelpunkt der
Stadtplanung stehen meist großflächige
Industrieansiedlungen und andere Groß-
projekte, während die Alltagsprobleme der
Bevölkerung eher zweitrangig behandelt
werden.

In den Provinzen, Städten und Distrikten
wird Stadtplanung vor allem als Flächen-
beschaffung verstanden, weil es lukrativ
für die Städte ist, ländlichen Boden in
städtisches Bauland zu verwandeln und an
private und öffentliche Investoren weiter-
zugeben. Dabei nimmt die Interessen-
Allianz der lokalen Behörden und Inves-
toren wenig Rücksicht auf die betroffenen
Bauern, die im „öffentlichen Interesse“
mit einer geringen Entschädigung abge-
funden werden. Dies ist möglich, weil der
Boden in China dem Staat gehört und die
Dörfer nur ein permanentes Nutzungs-
recht haben. Schätzungsweise 40 Millio-
nen Bauern haben auf diese Weise ihr Land
verloren.

Tatsächlich wachsen die Städte in China aber
noch schneller, als es die offiziellen Pläne
vorsehen. Die großflächige Umwandlung
von Agrarland in Industrie- und Bauland
wird auch durch irreguläre Mechanismen
vorangetrieben, wobei das komplizierte
Antrags- und Genehmigungsverfahren,
das mit einer formellen Enteignung und
Nutzungsübertragung verbunden ist, auf
verschiedene Weise umgangen wird. Natür-
lich wachsen auch die Dörfer teilweise
informell, wie die „urbanen Dörfer“ und
zahllose Neubau-Inseln im peripheren
„Speckgürtel“ der großen Städte zeigen.
Illegal errichtete Gebäude werden selten
abgerissen, sondern mit einer milden
Geldstrafe belegt.

Die Stadtplanung in China entwickelt sich
aber schnell. In rund 100 Universitäten
wird bereits Stadtplanung gelehrt und
viele junge Planer haben im Ausland stu-
diert und Erfahrungen gesammelt. Das
fachliche Potential wächst also, ebenso
wird mit neuen Planungsmethoden ex-
perimentiert, um die Agrar- und Natur-
flächen, Gewässer, öffentlichen Reserve-
flächen und historischen Gebiete besser zu
schützen. Noch kaum entwickelt ist dage-
gen das Risiko-Management. Viele chine-
sische Städte sind einem hohen Risiko von
Überschwemmungen, Trockenheit und
Erdbeben ausgesetzt, das Gleiche gilt für
technische und andere Katastrophen.

6. Das historische Erbe

Die gigantische Bauwelle in
China hat die Lebens-
verhältnisse von Millionen
Menschen sprunghaft ver-
bessert. Der Wohnstandard
in Peking hat sich in 20
Jahren von 10 auf 25 qm/
Person verbessert und soll
bis 2015 auf 30 qm/Person
steigen, was sich schon fast
dem europäischen Stan-
dard nähert (Deutschland:
40 qm/Person). Andererseits zeigt der
High-Speed-Städtebau aber auch Defizite,
die Chinas urbane Zukunft erheblich
beeinträchtigen werden, wenn keine Kor-
rekturen erfolgen.

Hierzu gehört der rigorose Umgang mit der
historischen Bausubstanz. Meist werden
die neuen Projekte rück-
sichtslos in die alten Struk-
turen gesetzt, weil man
davon ausgeht, dass diese
sowieso verschwinden wer-
den. Auch wenn es in Pe-
king und Shanghai schon
viele katalogisierte Monu-
mente und Schutzgebiete
gibt, so werden doch noch
immer ganze Altstadt-
Quartiere durch die Neu-
bauprojekte zerstört. Ein
Grund ist der hohe Boden-
wert in den zentralen
Stadtgebieten, der in kei-
nem Verhältnis zu der oft
desolaten, ein- bis zwei-
geschossigen Altstadt-Be-
bauung steht. Auch die
Erschließung und die sani-
täre Infrastruktur der Alt-
stadt ist meist so schlecht,
dass eine Sanierung teuer
wird. Kaum geklärt ist
auch die Frage, welche
Funktionen die Altstadt im
Zentrum der boomenden
Metropole übernehmen
könnte. Eingeschossiges
Wohnen für die Reichen im Zentrum
einer Megastadt? Umbau zu kommerziel-
len Gastronomie- und Tourismus-Quartie-
ren? So stehen die Planer oft vor der
schwierigen Entscheidung, ob ein Quartier



Großbaustelle Peking



03a



03b

a: Shanghai: die traditionellen
bzw. kolonialen Quartiere heißen hier
„Lilong“. Wie bei den Hutong-
Quartieren in Peking verschwinden die
Lilongs zusehends.

b: Traditionelles Hofhaus in Peking



04

„Monotone Vielfalt“ im Wohnungsangebot

als „Slum“ beseitigt oder als „Altstadt“ erhalten werden soll, ohne dass es dafür eine klare Nutzungs- und Investitionsstrategie gibt.

Anders liegt der Fall bei den Altbauten, die vor 1949 errichtet wurden, sowie beim sozialistischen Wohnungsbau der 1950/70er Jahre. Monotone Bauformen und schlechte Bauqualität legen einen Abbruch nahe, dennoch war der egalitäre Zeilenbau eine frühe „chinesische Moderne“ mit dem Ziel, die Lebensbedingungen der Menschen zu verbessern, ganz ähnlich wie die frühe Moderne in Europa. Auch der sozialistische Wohnungsbau ist eine wichtige Phase der jüngeren Stadtgeschichte und sollte deshalb nicht vollständig verschwinden.

In jedem Fall ist eine intensive Beschäftigung mit dem historischen Erbe wichtig, um den schnell wachsenden Städten Chinas ein Stück Identität und Charakter zu bewahren. Das historische Bauen war auch immer ein regionales Bauen, das sich an der lokalen Kultur, an Klima, Topografie und an den natürlichen Ressourcen orientierte. Ein näherer Blick auf diese Tradition könnte dazu beitragen, das uniforme Bauen in China zu regionalisieren – ein wichtiger Schritt hin zu einer modernen und umweltgerechten Baukultur in diesem riesigen Land.

7. Investoren-Städtebau

Die staatliche Wohnungsversorgung wurde nach 1980 durch einen „kapitalistischen“ Wohnungsmarkt abgelöst. Der unternehmerische Immobilien- und Bausektor entwickelte sich schnell, wobei bis heute aber nur große Investoren und Bauträger zum Zuge kommen, was der Staat durch die langfristige Verpachtung bzw. Versteigerung großer Bauparzellen steuert. Dabei wird die Pacht einmalig entrichtet und entspricht durchaus einem kapitalistischen Bodenpreis. Nur so war es möglich, in kurzer Zeit eine gigantische Bauwelle in Gang zu setzen, die jährlich rund zwei Milliarden Quadratmeter Geschoßfläche oder 40 Prozent der weltweiten Bauleistung produziert und die immer noch jährlich um 20 Prozent wächst.

Städtebau im heutigen China ist also immer Investoren-Städtebau, d.h. der individuelle Bauherr, der nach eigenen Vorstellungen und mit einem eigenen Architekten baut, ist noch weitgehend unbekannt. Obwohl es längst eine solvente Mittelschicht gibt, ist Individualismus im Wohnen bislang nur per Kaufentscheidung in einem kommerziellen Großprojekt zu haben. Auch deshalb fehlt Chinas Städten noch eine individuelle Alltags-Architektur, wie sie in europäischen Städten das Bild bestimmt.

Über das Wohnungsangebot der großen Bauträger sortiert sich die städtische Gesellschaft völlig neu. Vor zwei Jahrzehnten noch eine kollektive Masse, will die neue Mittelschicht nun materiellen Konsum, westlichen Lebensstil und ein statusorientiertes Wohnen und orientiert sich dabei an westlichen Vorbildern. Die Unternehmen bedienen dieses Bedürfnis mit internationalen Architektur-Kopien, wobei es

nicht nur um Wohnungen, sondern auch um einen neuen „Lifestyle“ geht. Im Angebot sind Quartiere im „französischen“, „englischen“, „mediterranen“, „europäischen“ und „kalifornischen Stil“, nur die chinesische Variante findet man in dieser Postkarten-Architektur kaum. Dies bringt natürlich keine kosmopolitische Stadtkultur hervor, sondern eine bunte Pseudo-Vielfalt, die allein der Marktstrategie der Investoren entspringt.

Die Beliebigkeit in Stil und Formen bedient eine noch unerfahrene Klientel, bietet den Bauträgern aber auch die willkommene Gelegenheit, die schematische Planung und städtebauliche Sterilität, die der Fast-Speed-Städtebau unvermeidlich mit sich bringt, hinter exotischen Fassaden zu verbergen. Niemand weiß, wie sich der „gekaufte Lebensstil“ in der Praxis und auf Dauer bewährt, ob sich der Stil-Mix mit der Zeit abnutzen wird oder ob eine plötzliche Renaissance des „chinesischen Stils“ die ausländischen Imitate verdrängt.

8. Gated Communities und soziale Segregation

Das urbane Modell in Europa ist die ökonomisch vitale, sozial ausgewogene und umweltfreundliche Bürgerstadt, der Investoren-Städtebau in China hingegen führt auf direktem Wege hin zur sozial segregierten Konsumstadt. Schon gibt es abgeschottete Luxusinseln und versteckte Slums, elitäre Einkaufswelten und ärmliche Straßenmärkte, auch wenn man die sozialen Kontraste nicht auf den ersten Blick sieht. Die Regierung versucht, dies durch die Förderung von preisgünstigem Wohnungsbau zu korrigieren, der aber fast nur in Randlagen und in den Satellitenstädten entsteht. Bislang scheinen weder die Regierung noch die Stadtplaner die soziale Segregation ernsthaft zu thematisieren, auch für die ausländischen Architekten, die im Investoren-Städtebau tätig sind, ist dies in der Regel kein Thema. Es wird jedoch eine der wichtigsten Zukunftsfragen sein, ob die chinesischen Städte eine soziale Mischung bewahren oder in sozial und räumlich getrennte Stadtinseln zerfallen.

Die neuen Quartiere haben phantasievolle Namen, in denen der Begriff „Garten“ nicht fehlen darf. Im traditionellen China waren die wenigen Parks und Grünflächen

das exklusive Privileg einer kleinen Oberschicht, jetzt wird der Quartiers-Garten zu einem wichtigen Statussymbol. Gleichzeitig dringt die private Motorisierung in die neuen Wohnsiedlungen ein, sodass ein Nutzungskonflikt zwischen Grünflächen, Zufahrten und Parkplätzen entsteht.

Noch wissen die Planer nicht, ob die neue Mittelschicht ihre Freizeit im Quartier oder lieber in der Shopping Mall und bei McDonald's verbringen wird. Das Freizeit-, Nachbarschafts- und Mobilitätsverhalten der jungen Wohnungskäufer ist noch weitgehend offen und wird, wenn es sich konsolidiert, auch zu Korrekturen bei der Quartiersplanung führen.

Das Gleiche gilt für die soziale und demografische Struktur. Wird es bei der Ein-Kind-Politik bleiben oder wird diese in Zukunft gelockert oder abgeschafft? Wohin mit den dreihundert Millionen Alten, die China schon in naher Zukunft versorgen muss? Da es noch keine flächendeckende Altersversorgung gibt, müssen wohl viele Jungen ihre Eltern im Alter versorgen. Dies könnte bedeuten, die Wohnung später mit vier alten Leuten zu teilen. Schon jetzt bieten die Bauträger aufteilbare Wohnungen an, auch kaufen die jungen Ein-Kind-Familien Wohnraum auf Vorrat, wie die zunehmend großen Wohnungen zeigen.

Der Wohnungsmarkt wird durch günstige Kredite gefördert, was zu einer langfristigen Verschuldung der neuen Mittelschicht führt. Natürlich wird auch nach Kräften spekuliert, etwa durch den Kauf einer Zweitwohnung, die man nach einigen Jahren profitabel verkaufen will. Wie weit der Boom für den realen Bedarf produziert oder eine spekulative „Blase“ ist, können selbst Experten kaum sagen.



Luxus-Quartiere und Gated Communities

05



Kaufinteressenten beim Studium des Angebots

06

9. Geschlossenheit, Achse, Symmetrie

Die „introvertierte Stadtzelle“ ist eine Konstante im chinesischen Städtebau. Dies galt für die durch Tore gesicherten Quartiere der alt-chinesischen Stadt ebenso wie für die ummauerten Arbeits- und Wohnkollektive (Danwei) der sozialistischen Stadt. Der Investoren-Städtebau folgt dieser Tradition, gleichzeitig bricht er die Gesellschaft auf und verteilt Arbeiten und Wohnen, Konsum und Freizeit, Arm und Reich, Jung und Alt auf unterschiedliche Stadtzonen und Quartiere. Das Ergebnis

ist eine Stadt, die aus zahlreichen, in sich abgeschlossenen Siedlungszellen besteht. Ob diese „gated communities“ so abgeschlossen bleiben, wie sie jetzt erscheinen, ist aber durchaus noch offen. So werden die Quartiersränder oft mit kommerziellen und öffentlichen Einrichtungen besetzt, was für eine gewisse Verflechtung sorgt; auch grenzen nicht mehr Mauern, sondern transparente Zäune die Wohngebiete ab. Die Ausrichtung der Wohnungen nach Süden ist eine

andere Konstante im chinesischen Städtebau. Dies gilt für das traditionelle chinesische Haus und für den sozialistischen Zeilenbau ebenso wie für die neuen Wohntürme und Hochhaus-Scheiben der Gegenwart. Jede Abweichung von dieser uralten Feng-Shui-Regel ist mit erheblichen Preisabschlägen verbunden – ein überzeugendes Argument für die Bauträger, nicht daran zu rütteln. Ähnliches gilt für die „Achse und Symmetrie“, die ebenso im Layout fast aller Projekte vorzufinden ist. Auch dies knüpft an uralte Städtebau-Traditionen an und erleichtert es den Investoren, große Baumassen schnell und unkompliziert zu ordnen.

Die introvertierte Geschlossenheit der Wohnquartiere, Südorientierung, Achse und Symmetrie leben also im Investoren-Städtebau fort, wenngleich unter anderen Vorzeichen und in anderen Formen. Dabei stellt sich bei der schnellen Entwicklung des chinesischen Städtebaus die Frage, ob

diese Charakteristik auf Dauer als „chinesisch“ bewahrt werden sollte, oder ob man in Zukunft auch andere städtebauliche Konzepte braucht, um dem gesellschaftlichen Wandel gerecht zu werden.

10. Architektur-Import

Die ausländischen Entwürfe sind meist grafisch reizvolle „Idealstädte“, wobei die chinesische Symbolik – vor allem der Kreis und das Quadrat – nicht fehlen darf. Dabei sind die Entwürfe der in China arbeitenden deutschen Planer vom Leitbild der „europäischen Stadt“ geprägt, wobei der Beweis einer kulturellen Akzeptanz aber noch aussteht. Natürlich sind auch die ausländischen Entwürfe Teil des profitorientierten Investoren-Städtebaus und müssen vielfache Veränderungen und Deformationen hinnehmen. Dennoch enthält die Verschmelzung europäischer und chinesischer Städtebauelemente ein interessantes Potential. In keinem ausländischen Entwurf fehlen Plätze und Boulevards, auch der „europäische Block“ – die Lieblingsfigur deutscher Stadtplaner – hält in China Einzug, obwohl dieser der strikten Südorientierung deutlich widerspricht. Oft ist es aber noch unklar, wer im Investoren-Städtebau letztlich die Ausstattung und Pflege des öffentlichen Raums übernimmt und wie die Bevölkerung diesen nutzen wird. Welche „Urbanität“ sich in Chinas Städten herausbilden wird und welche öffentlichen Räume diese braucht, kann noch niemand mit Sicherheit sagen.

Der massive Architektur- und Städtebau-Import wird meist unkritisch aufgenommen, was auch Ausdruck einer gewissen Ratlosigkeit ist, wie es mit der „chinesischen Moderne“ weitergehen soll. Gleichzeitig ist dies auch ein zielstrebiges „Sammeln und Jagen“, von dem man sich wichtige neue Impulse für den chinesischen Städtebau verspricht. Auch hier ist es noch offen, ob der Architektur- und Städtebau-Import die „monotone Vielfalt“ des aktuellen Bauens in China letztlich noch steigern oder mindern. Ebenso offen ist die Frage, welchen Beitrag das „Schaulaufen“ der internationalen Wettbewerbe zur Entwicklung einer authentischen lokalen Baukultur tatsächlich leistet.



07
Dicht und hoch – neuer Wohnungsbau in Peking

DER AUTOR

PROF. DR.-ING. ECKHART RIBBECK

is member of the Städtebau-Institut, Faculty of Architecture and Urban Planning, University of Stuttgart and head of the Department of Urban Planning in Asia, Africa, Latin America (SIAAL). He studied in Aachen and Stuttgart (Germany) and spent several years as a Planning Consultant in international projects in the Carribean (UNDP), in Brazil (GTZ) and Mexico-City (UNAM). Professor at Stuttgart University since 1991, he has been involved in research projects in Mexico, Peru, China, Usbekistan, Oman and Palestine.

Kontakt

Universität Stuttgart, Städtebau-Institut, Keplerstr. 11, 70174 Stuttgart

Fachgebiet Planen und Bauen in Entwicklungsländern | SIAAL

Prof. Dr.-Ing. Eckart Ribbeck

Tel. 0711 | 685 83370, Fax 0711 | 685 83745

E-Mail: eckhart.ribbeck@si.uni-stuttgart.de, Internet: <http://www.uni-stuttgart.de/si/siaal/>



11. Energieeffizienz und urbane Mobilität

Der subventionierte Energiepreis und die kurzfristige Gewinnorientierung der Investoren haben zur Folge, dass die moderne Haustechnik – vor allem Wärmedämmung, Heizung- und Kühlung – noch keine wichtige Rolle im Wohnungsbau spielt. Der Energieverbrauch chinesischer Gebäude ist etwa zwei- bis dreimal so hoch wie in Deutschland, wobei die großen Prestigebauten und exklusiven Wohnsiedlungen die größten „Energieschlucker“ sind. Der Staat hat auch in diesem Bereich längst anspruchsvolle Normen gesetzt, allerdings fehlt es noch an Anreiz, um etwa die Niedrigenergiebauweise und moderne Heiz- und Kühltechniken flächendeckend zu fördern. Die Bauträger halten sich zurück, weil energieeffizientes Bauen teurer als konventionelles Bauen ist. Bislang erfüllen nur zehn Prozent der Gebäude die offiziellen Normen, auf die Wohnungskäufer kommen deshalb unkalkulierbare Betriebs- und Unterhaltskosten zu, sobald der Energiepreis in China kräftig steigt.

China steht also vor der gigantischen Aufgabe, nicht nur die vor 1970 errichteten und energetisch kaum mehr sanierbaren Altbauten zu ersetzen, sondern auch einen großen Teil der Neubauten, die in den letzten 30 Jahren entstanden sind. Praktisch droht der gesamte Baubestand zu einer gigantischen Altlast zu werden – ein Alptraum, der die Zentralregierung zunehmend umtreibt. Die nationale Politik sieht deshalb vor, bis 2020 fast den gesamten Gebäudebestand energetisch zu sanieren und gleichzeitig einen ökologisch orientierten Städtebau zu forcieren. Es wird aber noch viele Jahre dauern, bis das energieeffiziente Bauen, eine moderne Stadttechnik und konsequenter Umweltschutz in Chinas Städten selbstverständlich sind. Gibt es im Energiebereich keine positiven Veränderungen, dann wird der Energiebedarf in Chinas Städten sich schon mittelfristig verdoppeln, was im Hinblick auf den Klimawandel nicht nur eine nationale, sondern auch eine globale Katastrophe wäre. Aus energetischer Sicht ist der Städtebau in China ein Wettlauf mit der Zeit.

Ähnlich kritisch sieht es im Stadtverkehr aus. Zwar gibt es in allen großen Städten zahlreiche Stadt- und U-Bahn-Projekte sowie neue Omnibus-Systeme, andererseits lässt eine autofreundliche Politik die Zahl der Privatautos jährlich um 30 Prozent steigen, so dass es in allen großen Städten zu chronischen Verkehrsstaus und Luftverschmutzung kommt. Auch im Hinblick auf die urbane Mobilität stehen die Städte also vor der Entscheidung, ob man auf zukunftsfähige öffentliche Transportsysteme oder auf eine konventionelle Auto-Stadt setzt.

12. Die neue chinesische Stadt

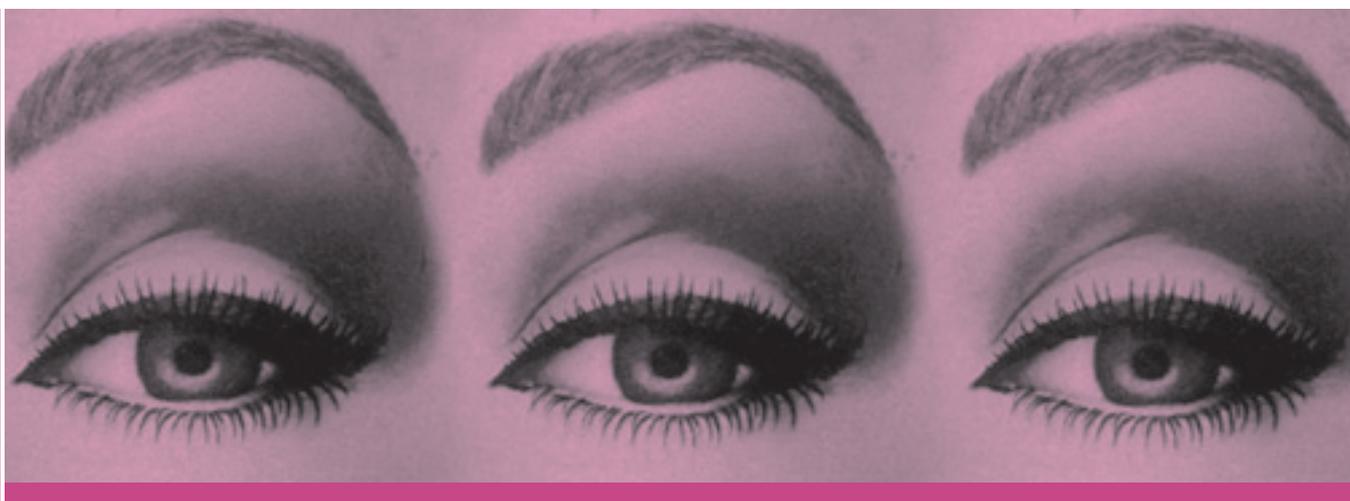
Die grundlegende Frage, wie sich die chinesische Stadt in Zukunft entwickeln wird, ist also noch weitgehend offen. Wird die „europäische Stadt“ das Leitbild sein, die sich um soziale, kulturelle und ökologische Verträglichkeit bemüht? Oder ist das Vorbild die „Stadtmaschine“ á la Singapur, wo eine autoritäre Planung für funktionale Effizienz, soziale Ruhe und materiellen Wohlstand sorgt? Oder geht der Weg hin zur „lateinamerikanischen Stadt“, die unaufhaltsam in reiche Stadtinseln und arme Ghettos zerfällt? Wie das urbane Leitbild auch immer aussieht, die neue chinesische Stadt wird auch in zwei Dekaden keine „Idealstadt“ sein. Die urbane Transformation ist erst auf halbem Wege und kann jederzeit eine neue Richtung einschlagen.

• Eckhart Ribbeck

Bilderflut und Bildverstehen

Neue Wege der Kulturwissenschaft

„Visual Culture“ ist ein interdisziplinäres, kulturwissenschaftliches Forschungs- und Lehrgebiet, das sich seit einigen Jahren international und auch in Deutschland rapide entwickelt. Man braucht sich nur einmal die eindrucksvolle Zahl der Veröffentlichungen seit den 1980er Jahren anzuschauen, um einen Eindruck von der Brisanz und der Aktualität des Gegenstands zu erhalten. Die „Visual Culture Studies“ sind aus der Beobachtung der überbordenden Bilderflut und der Industrien der Sichtbarkeit der modernen Gesellschaften entstanden. In der Denomination zeigt sich visuelle Kultur mit allen sichtbaren Phänomenen als Gegenstand wissenschaftlicher Beschäftigung. Die „Visual Culture Studies“ erforschen Bedeutung, Einfluss und Transformation von visuellen Phänomenen aus synchroner und historischer Perspektive.



Ausschnitt (verdreifacht) aus L'OEIL,
Marcel Broodthaers, Galerie Isy Bra-
chot, Brüssel

Gegenstand der Beschäftigung sind visuelle Artefakte sowie die damit verbundenen Verfahren, medialen Techniken und Methoden der Visualisierung. Außerdem gehen Vorstellungen und Praktiken in die Untersuchungen von visuellen Phänomenen ein. Der Bereich des Faches geht also über das Registrieren und Systematisieren von Visuellem hinaus: Wir bezeichnen mit dem Thema „Visual Culture“ das gesamte

Feld visueller und intermedialer Praktiken, diskursiver Verarbeitungen des Visuellen und deren theoretische Reflexion. Im Zentrum stehen Wirkungsweise und Bedeutung von visuellen Ereignissen und visuellem Erleben. Mit dem Begriff „Visualität“ erfasst man die Theorien und Diskurse, die ein historisch bedingtes visuelles Erscheinungsfeld begleiten und interpretieren. Die Visualität einer Kultur setzt

sich somit aus den zu beobachtenden visuellen Gegenständen und ihrer diskursiven Konzeptualisierung zusammen. Die Bezeichnung „Visualisierung“, die normalerweise in der Informationstechnologie für die Umsetzung von Sachverhalten in Anschauungsmaterial verwendet wird, versteht sich in unseren kulturwissenschaftlichen Fragestellungen nicht nur als eine Darstellungstechnik, sondern als sämtliche Vorgänge des Sichtbarmachens, Anschaulichwerdens und der Konkretisierung (der mentalen bildlichen Vorstellung). „Visualisierung“ zielt auf Techniken individueller oder apparativer Verarbeitung von Informationen, also auf Erkenntnis- und Rezeptionsvorgänge, die entweder mental oder technisch visuell strukturiert werden.

Visualisierung in der alltagssprachlichen Bedeutung als technisch-mediale Erzeugung von Bildern von Dingen, die das menschliche Auge allein nicht sehen könnte oder die jeder Abbildungsgrundlage entbehren (wie z.B. genetische Codes, EKGs, Ultraschall etc.), haben z.T. bereits eine so große Verbreitung erreicht, dass sie ins visuelle Gedächtnis eingelassen sind. Diese virtuellen Bilder bewirken eine größtmögliche Realitätssimulation bei gleichzeitiger größter Manipulierbarkeit. Sie sind so sehr Teil unseres Alltags geworden, dass sie unsere Rezeptions- und Kognitionsvorgänge beeinflussen und demzufolge auch die Weise prägen, in der auch in anderen Zeichensystemen als dem visuellen dargestellt wird. Visualisierung in einem engeren Sinn kann dann auch die imaginative Vorstellung meinen, die von Literatur erzeugt wird, insbesondere von der Bildlichkeit literarischer Texte.

*„Die Forschungs-
idee
,Visual Culture‘
beruht
auf der Beobachtung,
dass sich
im 20. und 21. Jahr-
hundert
sowohl die Bildpro-
duktion wie auch
ihre Aufnahmeweise
dramatisch verän-
dert haben.“*

Seit W. J. T. Mitchells grundlegenden Studien wird in den Geistes- und Kulturwis-

senschaften die starke bzw. sogar primäre Orientierung unserer Kulturformen hin zum Visuellen als „pictorial turn“ bezeichnet. Dieser Wandel scheint den viel missbrauchten Begriff „Paradigmenwechsel“ wirklich zu verdienen. Die Forschungsidee „Visual Culture“ beruht auf der Beobachtung, dass sich im 20. und 21. Jahrhundert sowohl die Bildproduktion wie auch ihre Aufnahmeweise dramatisch verändert haben und noch weiter verändern werden. Visuelle Zeichen treten seit der elektronischen Revolution nicht nur in nie da gewesener Quantität und Frequenz auf, sondern haben auch einen hohen Komplexitätsgrad erreicht. Neue Kulturtechniken und Technologien schaffen eine zunehmende Sichtbarkeitserwartung und prägen das Verständnis der dargestellten Vorgänge und Sachverhalte. Diese Entwicklungen beeinflussen unsere Körperlichkeit wie auch unsere Vorstellung der Grenze zwischen Individuum und Außenwelt. Vergleichbar einschneidende soziale Veränderungen bilden sich beim Einsatz von technologischer Visualisierung als disziplinäre Ordnungen oder als Herrschafts- und Machtinstrument, z. B. bei der optischen Überwachung des öffentlichen Raumes, ab. Diese Situation bietet den epistemologischen Ausgangspunkt der Betrachtung von visueller Kultur, denn der Wandel der Wahrnehmungsweisen wirft neue Fragen im Hinblick auf Bildproduktion und Bildverstehen in historischer und synchroner Perspektive auf.

1. „Logik“ des Bildlichen

Die Dominanz des Visuellen in der heutigen Kommunikation hat das Interesse an Wahrnehmen und Sehen als kulturell bedingte Phänomene geweckt, aber auch die medialen und materialen Grundlagen der Kommunikation stärker in den Blick

SUMMARY

A proliferation of writings have registered a „pictorial turn“ in contemporary culture, i. e. a dominance of visual modes of communication, which has disrupted and challenged any attempt to define culture in purely linguistic terms. A long-lived western tradition consistently privileging words over images needed to be challenged and a serious academic investigation of the power of images had to be established. This is how „Visual Culture Studies“ became a burgeoning field of research and teaching. It concerns itself with a wide range of visual media and visual events, including phenomena of everyday life as well as canonized art objects. However, the field also emphasizes a theoretical vantage point, from which to consider ways of seeing. Hence, „Visual Culture“ is not merely the study and interpretation of pictures or images, but an interdisciplinary investigation into the role of the visual in the wider field of social, political, and other cultural systems. Ways of seeing and their concomitant constructions of spectatorship, the gaze and the glance, practices of observation, surveillance and visual pleasure are constantly being reorganized. In digital culture one of the main areas of interest is the convergence and interaction of different media, and new forms of viewer participation. Analyses of „Visual Culture“ aim to reveal how the whole social network is modified through these influences of the visible, how subject positions, identities, and power relations are affected.

gerückt. Die im Internetzeitalter entstandene Selbstverständlichkeit unaufhalt-samer Bilderzeugung und ständiger Bildtransformation sowie der Zurichtung von Alltagspraktiken auf das Visuelle hat zu einer Veränderung der Auffassungen vom Bild geführt. Je immaterieller, technischer und vermittelter die Erscheinungsform der Bilder ist, desto mehr wächst eine Skepsis gegenüber der Evidenz des Visuel-

sondern erzeugen ihrerseits Bedeutungen sowie weitere Bilder, verhalten sich also als *imagines agentes*, d. h. wie Handlungsträger der Kultur.

Trotz der grundlegenden Stellung der Semiotik für die „Visual Culture Studies“ wurde im Laufe der geführten Debatten mehr und mehr deutlich, dass Bilder und visuelle Phänomene keine „Grammatik“ offenbaren werden. Mit der Verabschie-

dung des „Kultur als Text“-Paradigmas trat die dem Bildlichen eigene epistemische Kraft in den Blick. Ein primärer Analysegegenstand sind zunächst die Erscheinungsformen des Bildes in unterschiedlichen medialen Ausprägungen. Bilder und visuelle Ereignisse entwickeln eine eigene Rhetorik bestehend aus Bildzeichen, die nicht isolierbar sind und sich nicht unbedingt auf konkrete Objekte beziehen. Zwischen den intentionalen Polen von Irritation und Selbsterklärung, persuasiver Eindeutigkeit (Piktogramme) und reflexiver Mehrdeutigkeit (Kunstwerke) realisieren sich räumlich organisierte Botschaften, die weder völlig eindeutig noch vollständig in sprachliche Aussagen zu übersetzen sind. Ästhetische Verfahrensweisen der Visualisierung sind systematisch zu differenzieren zwischen Kunst, Effekt und Illusion. Während Gestaltung bzw. Design auf Oberflächeneffekte zielt, und technische bzw. mathematische Verfahren wie die Zentralperspektive, Anamorphose oder Panorama, Imax oder Simulationsverfahren illusionistisch ver-

fahren, setzen künstlerische Bildstrategien auf Reflexion (02). Zwar gehören Kunst, Technik und Medium zusammen und die Grenzlinien zwischen Kunst und Effekt bzw. Kunst und Illusion verwischen sich ständig; doch sind reflexive Verfahren konstitutiv für die Kunsthaftigkeit der Künste. Bei der Analyse der unausschöpflichen Vielfalt der künstlerischen Reflexionsstrategien fällt eine besondere Rolle den inter-



THE AMBASSADORS, Hans Holbein der Jüngere (1533), National Gallery London, © 80048793 ullstein bild – ASIA

len. Paradoxerweise stellt also gerade die visuell dominierte Kultur den Status des Bildes zur Disposition, obwohl Bilder wie nie zuvor gesellschaftliche Zusammenhänge bzw. Identitäten stiften und Steuerungsfunktionen übernehmen. Aufgrund der enormen Ausweitung von Funktion und Einfluss von Bildern in unserer Kultur kann man Bilder als Aktanten verstehen. Sie bebildern nicht nur Informationen,

medialen Strategien zu, die an der Bruchlinie zwischen Sagen und Zeigen, Schärfe und Unschärfe operieren.

Neuesten Ergebnissen der Bildtheorie zufolge liegt die Besonderheit des Bildlichen in seiner Zeigstruktur. Zentral für dieses Verständnis von Bild ist die Fundierung der Relation bzw. Interaktion zwischen Betrachter und Bild durch Deixis des Gegenstands – eine körpersprachliche, bildliche oder narrative Geste, die den Rezipienten zum Sehen anweist und ihn dazu bringt, eine spezifische Haltung bzw. Position einzunehmen. Dieser deiktische Gestus der Bilder leistet bereits eine ganze Reihe von Voreinstellungen, die die Wahrnehmung prägen, z.B. wird dem Betrachter suggeriert, dass eine bestimmte Art des Schauens angemessen ist und dass sich bestimmte Rahmenreferenzen zur Interpretation anbieten.

„Bilder können im Allgemeinen weder wahr noch falsch sein, weil sie kein eindeutiges Prädikat besitzen, worauf sich Wahrheit oder Falschheit beziehen lassen. Bilder produzieren Evidenz.“

Diese Zeigstruktur beruht auf Gesichtspunkten, die visuelle Zeichensysteme ausmachen: Sie ereignen sich im Raum und schaffen eher Simultaneität als Sukzessivität; sie produzieren Kontraste anstelle der Differenzen im verbalen Zeichensystem (Figur-Hintergrund-Paradoxie); ihre Fülle und Dichte ist selten in diskrete Einheiten zerlegbar; Bildern fehlt die Negation und der Konjunktiv; Vagheit, Unschärfe und Unbestimmtheit haben sie allerdings mit verbalen Zeichensystemen gemeinsam. Insbesondere können Bilder im Allgemeinen weder wahr noch falsch sein, weil sie kein eindeutiges Prädikat besitzen, worauf sich Wahrheit oder Falschheit beziehen lassen könnte. Stattdessen produzieren Bilder Evidenz.

Diese Strukturmerkmale implizieren eine eigene Ordnung (oder Un-Ordnung) des Bildlichen, die in die verschiedenen Verfahren und Prozesse der Sichtbarmachung konstitutiv eingeht. Bilder tendieren dazu,

in verschiedene Kontexte und Disziplinen ihre eigene Logik und Rechtfertigung einzutransportieren, so dass die spezifische „Logik“ des Zeigens gleichzeitig die Darstellungsweise und Reflexionsmöglichkeit von Bildverfahren ermöglicht und einschränkt. Aus dieser Logik bzw. Ordnung ergibt sich der prekäre Rationalitätsstatus von Bildern, der seit jeher zur Abwertung des Bildes gegenüber dem Text und zu verschiedenen Formen von Ikonophobie und Ikonoklasmus geführt hat. Doch Evidenz besitzt auch einen affirmativen Zug, worin die besondere Appellfunktion, die Immersivität und Täuschungsanfälligkeit des Bildlichen liegt. Eine stark affektive Wirkung von Bildern und ihre scheinbar unmittelbare Verständlichkeit bedeuten einen kognitiv-emotionalen Mehrwert, der sich manipulativ aber auch didaktisch einsetzen lässt. Diese (oft vorbewusste) Wirkung gilt es einzuschätzen und Bildtheorien zu entwickeln, welche die spezifische „Macht der Bilder“ entschlüsseln können.

Solche Überlegungen gehen von einem performativen Konzept aus, wonach Bilder (wie übrigens auch Texte) sich zwar mit speziellen Apellstrukturen an Rezipienten richten, aber erst in der Reziprozität der ästhetischen Erfahrung ihre Bildlichkeit entfalten. Während bei der „Visualisierung“ die doppelte Bedeutung von konkretem Gegenstand und imaginativer Vorstellung eindeutig voneinander zu trennen sind, beinhaltet der Begriff „Bild“ eine Doppelung, die stets ineinander spielt, denn „Bilder“ sind immer in mehrfacher Bedeutung gemeint: als konkrete visuelle Darstellung (entweder mit realer Materialität oder im virtuellen Raum) und als Vorstellung (entweder individuell als Traum, Erinnerung, Visualisierung oder kollektiv als Mythos, Image, das kulturelle Imaginäre). Daraus folgt ein erweitertes Bildkonzept, das gleichzeitig materiell-mediale und imaginär-kognitive Komponenten beinhaltet. So führt die Literatur ihren Lesern neue Sichtweisen und mögliche Welten vor Augen, anschauliche Metaphorik macht Erfindungen und Entdeckungen allgemeinverständlich, konkrete Kunstobjekte schaffen ein Bedeutungsurplus und virtuelle Computerwelten können Instabilität mit Realpräsenz kombinieren.

2. Visualität: kulturell und diskursiv bestimmte Wahrnehmung

Grundlegend für die Visualitätsforschung ist erstens der Zusammenhang von Bild, Blick und Wahrnehmung und zweitens die Prozesshaftigkeit der Verfahren. Im Sinne eines durch die „Cultural Studies“ veränderten Kulturbegriffs stehen deshalb definitorische Fragen nach dem „Wesen“ des Bildes hinter denen nach den kulturellen Praktiken und Prozessen, die Bedeutungen und Wirkungen generieren, zurück. Den Untersuchungen liegt ein Kulturbegriff zugrunde, der Kultur nicht als eine Ordnung von Objekten versteht, sondern vielmehr als Menge von Praktiken, mit deren Hilfe Individuen und Gruppen Bedeutungen generieren und austauschen. Innerhalb dieses Kulturfeldes ist Sichtbarkeit zwar eine Eigenschaft von Gegenständen, aber sie ist auch herstellbar. Die Verbildlichung von Wissen und Informationen im Kontext anderer Wissensformen erzeugt Dominanzen, die nicht unwesentlich von der mit dem Visuellen verbundenen Evidenzerfahrung und von habitualisierten Blickordnungen beeinflusst sind. Dass durch neue Technologien neue Einstellungen des Sehens entwickelt und geprägt werden, die auf das Verhalten und Denken zurückwirken, ist für Werbestrategien unverzichtbar, für Soziologen und Kulturkritiker oft beklagenswert, für die „Visual Culture Studies“ aber eine analytische und epistemologische Herausforderung.

„Den Untersuchungen liegt ein Kulturbegriff zugrunde, der Kultur nicht als eine Ordnung von Objekten versteht, sondern vielmehr als Menge von Praktiken, mit deren Hilfe Individuen und Gruppen Bedeutungen generieren und austauschen.“

Das immer unterscheidungsreichere Verstehen des Sehvorgangs hat die These begründet, dass jede Repräsentation nicht nur der Bedeutungsselektion und Formentscheidung von Produzent und Rezi-

ipient geschuldet ist, sondern dass sie zugleich eine kompositorische Aussage über Gegenstandsmodell, Seh-Konzept und Darstellungskonventionen ist. Unsere Vorstellungen vom Sehen werden im Diskursfeld Visualität formuliert und korrigiert. Visualität als Interaktion von Sehmodellen, Sichtbarkeitsparadigmen und Bildtypen gibt Auskunft darüber, wie Menschen an einem kulturhistorisch zu bestimmenden Punkt (denken zu) sehen. Visuelle Wahrnehmung und visuelle Repräsentation müssen sowohl gegenwärtig, historisch, wie auch theoretisch-konzeptuell zu ihren Vorverständnissen, Prämissen und Grundannahmen befragt werden. Wahrnehmung wird durch kulturelle Determinanten in Form der vorhandenen Bildwelten bestimmt, und zwar in Hinsicht auf Wahrnehmungsweisen und in Hinsicht auf die Wahrnehmung als Teil eines gesamtkörperlichen und kognitiven Verhaltens. Die Vorgänge und Praktiken des Sehens und der Darstellung von Sehen werden nach ihren zugrunde liegenden kulturellen Konstruktionen befragt, z. B. welche Konventionen bei der Verteilung von Subjekt und Objekt des Sehens vorherrschen oder welche Blickordnungen das Sehfeld organisieren und welche Betrachterpersona vom Bild entworfen wird. Solche Untersuchungen der gesellschaftlichen und individuellen Funktion von Seh- und Darstellungsprozessen lassen Rückschlüsse auf Identitätsbildung und Fremdkonstruktion sowie auf gesellschaftliche Machtstrukturen und Ermächtigungsprozesse zu.

„Visualität“ ist im Gegensatz zu manchen anderen kulturwissenschaftlichen Untersuchungsgebieten sehr eng mit identitätspolitischen und speziell geschlechterspezifischen Fragestellungen verzahnt. Weil die westliche Epistemologie und ihre Subjektconstitution, Sehen und Verstehen unauflöslich korreliert hat und Sehen damit zum privilegierten Sinn gemacht hat, besitzt notwendigerweise jede Beschäftigung mit Visuellem eine politische Dimension. Historische Untersuchungen widmen sich den ikonographischen Konventionen, die von den Bildbetrachtern naturalisiert werden. Der aufgeklärte Humanismus und seine an der Camera Obscura orientierten Darstellungstechniken schufen über Jahrhunderte Sehgewohnheiten, die die Momentsicht eines stillgestellten Individuums privilegierten und einen objektiv-wissen-

schaftlichen Betrachterstandpunkt für möglich und wünschenswert erklärten. Die in der Renaissancemalerei erfundene geometrische Perspektivierung von Bildräumen etablierte ein homogenes rational erfassbares Modell der Welt (03). Das Bild

Over der Maschinen“ oder verdammen die visuell dominierte Konsumgesellschaft, weil sie Individuen durch schillernde Warenspektakel manipuliert und zu passiven Existenzen macht. Im Zuge dieser Entmündigung durch die „simulacrum“-er-



03

des Forschers, der am Ende eines optischen Instruments Wissen objektiviert, drückt das Subjekt-konzept der humanistischen Epistemologie und ihre Hoffnung aus, einen Standpunkt außerhalb der zu erkennenden Welt zu beziehen. Die von diesen Wahrnehmungskventionen bestimmten hierarchischen Blickordnungen wirkten bis in die Machterhaltungsstrategien moderner Gesellschaften. Mit der rasanten Entwicklung optischer Illusions- und bildlicher Reproduktionstechniken in der Konsum- und Unterhaltungskultur des 19. und 20. Jahrhunderts wird das visuelle Erleben herausgehoben und werden Rezipienten zu Zuschauern erzogen. Die Zwänge des kapitalistischen Marktes verschärften den Nexus von Sehen und Begehren, indem der Sehsinn permanent als Schaulust angesprochen und gereizt wird. Seit der Vermehrung von Reproduktions- und Wiedergabetechniken im Zeitalter der „neuen“ Medien findet eine Verselbständigung der Zeichen statt, die keineswegs einen höheren Abstraktionsgrad darstellen, sondern eine Vernichtung von Differenz. Solche Konzeptualisierungen des Sehens, die der westlichen Epistemologie zugrunde liegen, sind von feministischer und kulturwissenschaftlicher Seite einer radikalen Kritik unterzogen worden. Manche Kulturkritiker deuten die digitale Vermehrung von Bedeutungen als „Take

zeugende Gesellschaft werden Individuen unfähig, Originale zu schaffen oder auch nur zu erkennen, und verlieren die Anbindung an die Realität. Für manche Beobachter steht indes die Bereicherung durch multimediale Möglichkeiten und ihre partizipatorische und anti-elitäre Wirkung im Vordergrund. Sie setzen auf einen einträglichen Umgang der Menschen mit den neuen Medien, indem diese selektiv und widerständig aufgenommen werden und zur Bildung neuer transnationaler Gemeinschaften und Solidaritäten führen können. Vor allem die Möglichkeit zur interaktiven Gestaltung fordert den kreativen Einsatz der Einbildungskraft heraus, nunmehr als eine einzigartige Fähigkeit der Distanz zum Gegenstand. Nachdem frühere Arten der Bildherstellung zwischen den Menschen und der Lebenswelt vermittelten, ermöglichen die Bilder im digitalen Zeitalter ein freies Spiel der Zeichen. In der Konsequenz sind wir hinsichtlich unserer Wert- und Erlebniskategorien herausgefordert.

Mobilität ist eine Schlüsselerfahrung der Gegenwart. In einer durch Migrationsprozesse von Menschen, Waren und Informationen gekennzeichneten Globalgesellschaft kommt der Dislokation und dem Austausch von Bildern besondere Bedeutung zu. Einerseits scheinen sie den Charakter einer allgemeinen Lesbarkeit zu besitzen

ZEICHNER DES LIEGENDEN
WEIBES, Albrecht Dürer (1525),
Graphische Sammlung Albertina,
Wien, © 30012140 ullstein bild –
Granger Collection

und suggerieren damit kulturelle Universalien einer Weltgesellschaft unter den Vorzeichen des Konsums und der Unterhaltung, wie sie sich in den Logos internationaler Korporationen oder weltbekannten Pop-Ikonen finden; andererseits können Bilder kulturelle Konfrontationen mit einer unkalkulierbaren Dynamik entfesseln, wie die Fotos irakischer Folteropfer oder dänische Karikaturen des Propheten Mohammed gezeigt haben. Visualisierungsprozesse unter dem Vorzeichen globaler Mobilität führen zu einer ständigen Transformation der Aussage und Wirkung von Bildern.

In einer Kultur, die unablässig neue Informationen mit rasender Geschwindigkeit generiert, aber das Vertrauen in diese fast mit gleicher Schnelligkeit unterminiert, können große Erklärungssysteme nur temporäre Gültigkeit und wechselnde Allianzen beanspruchen. Permanent wechselnde Rezipienten mit unterschiedlichem soziokulturellen Hintergrund verändern dabei nicht nur ihre Selbst- und Fremdwahrnehmung, sondern auch die Identität ihrer eigenen Kultur. Im Zeichen von Globalisierung und globalisierten Bildwelten stellt sich die Frage nach Alterität neu, Alteritäten werden anders konstruiert. Als fremde Visualisierungsphänomene treten uns nicht nur die Bilder fremder Kulturen entgegen, sondern auch die der eigenen, historisch fremd gewordenen. Hier wie dort sind sie eingebettet in andersartige, weitgehend unvertraute kulturelle Kontexte, weisen spezifische Verfahren auf und folgen eigenen Logiken der Zeichenhaftigkeit und der Sinneserfahrung. Solche Wanderungs- und Austauschprozesse modifizieren Stereotypen, Schlüsselbilder, kulturelle Ikonen und religiöse, politische und kulturelle Mythen.

Einerseits verstärken die Auswirkungen der Globalisierung visueller Ereignisse das Problem des Ungleichgewichts von Sichtbarkeit und Unsichtbarkeit in der Welt. Im Zusammenwirken von globalen Medien und globaler Migration, zwei derzeit international prägenden Phänomenen, verändert sich das kulturelle Imaginäre auf lokaler und globaler Ebene, die Kohärenz individueller und kollektiver Identitätskonstruktionen ist dadurch nach Ansicht postkolonialer Kritiker bedroht. Doch diese Destabilisierung von Identitäten schafft auch neue emanzipatorische Möglichkeiten, denn die Deterritorialisierung von

visuellen Events und ihren Betrachtern fördert widerständiges, ironisches und kreatives Rezipieren. Sie erzeugt ein Rezeptionsklima, das eigene Wirklichkeiten und Kommunikationszusammenhänge zulässt. Dadurch kann eine Empathiebildung über die Abgründe differenter Welten hinweg entstehen, die Ähnlichkeiten in der Differenz erkennt oder erzeugt und dadurch Distanzen und Dissonanzen überwindet. Solche Analogiefähigkeit gründet am effektivsten auf Formen der Visualisierung.

3. Poetik des Visuellen in Text und Bild

Die Text-Bild-Relation ist eine kulturelle Leitdifferenz, die sich im Zusammenhang mit den entscheidenden kulturellen Strukturwandeln verändert. Ihre Veränderung, die den Status der beteiligten Größen an der Leitdifferenz neu bestimmt, schlägt sich in kulturellen Praktiken, künstlerischen Darstellungsweisen, in der Rezeption und in theoretischen Diskursen nieder. Das Verhältnis von Text und Bild ist im Verlauf der abendländischen Geschichte immer wieder neu bestimmt worden, jedoch nie ein neutrales, gleichberechtigtes Verhältnis gewesen, wie das Bindewort „und“ zwischen ihnen suggeriert, denn die Relation betrifft Ermächtigungs- und Ursprungsfantasien (wer sieht und wer wird gesehen, wer spricht bzw. wird besprochen).

Die von Lessing gesetzten ontologischen Distinktionen verstanden Bilder als das der Sprache völlig Entgegengesetzte. Lessing plädierte zudem für eine Überlegenheit poetischer über die bildnerischen Werke. Dagegen gründen „Visual Culture Studies“ auf einer (zunächst in der Semiotik durchgeführten) Enthierarchisierung der Konzepte von Text und Bild. Man geht von der Grundannahme einer notwendigen Interdependenz von Verbalisierungs- und Visualisierungsvorgängen bei der Formierung von Verstehen und Wissen aus. Bilder existieren aber nicht außerhalb der Diskurse, sondern immer in Kombination mit Kodifizierungsarbeit und in den Erzählungen, die von ihnen wiedergegeben werden, so wie Texte nur über einen imaginativen Akt der Bildunterstützung bedeuten können. Zum einen reagieren Darstellungsweisen in Texten auf die Herausforderungen neuer Technologien und

richten sich an eine immer auch kulturell kodierte Wahrnehmung, zum anderen reflektieren sie diese und versuchen mit Visualisierungsappellen, ein neues Sehen der Dinge hervorzurufen.

Formen der Bildlichkeit stellen eine Schnittstelle dar, an der man die Generierung, Formierung, Verfügbarmachung und Tradierung von kulturellen Bedeutungen analysieren kann: z.B. in sämtlichen Formen von Bild-Text-Bezügen und in intermedialen Überschneidungsphänomenen, wie z. B. Illustrationen oder filmischen Adaptionen; in bildlichen Verfahren in unterschiedlichen Medien und in der diskursiven und poetischen Verarbeitung von visueller Erfahrung. Das Forschungsgebiet „Visual Culture“ beschäftigt sich auch mit diesem Spannungsfeld von Textualität und Visualität. Dabei werden die gegenseitige Modellierung von textuellen und ikonischen Strukturen untersucht und Analyseverfahren entwickelt, welche die Art ihrer Interaktion und den Bedeutungswandel beim Medienwechsel (vom Wort zum Bild und umgekehrt) erfassen können.

Es zeigt sich somit, dass die Entfernung der „Visual Culture Studies“ zu den Literaturwissenschaften nicht so groß ist, wie man vermuten könnte. Innerhalb der Literaturwissenschaft heißt die Verortung von „Visualität“ als Interessensgebiet nicht, dass Textanalysen fortan eine geringere Rolle spielen werden. Im Gegenteil, der Komplex Bildlichkeit und Sehen zielt auf eine differenziertere Betrachtung literarischer Texte. Visualität in der Literatur kann als ein Bündel von Textstrategien begriffen werden, die Autoren und Autorinnen aus einer bestimmten Wahrnehmungskonstellation entwickeln und die Rezipientinnen zu einem Verstehenshorizont verhilft.

„Das Bewusstsein für eine ikonische Wende hat dazu geführt, dass nicht nur Kunst- und Medienwissenschaft, sondern auch die Literaturwissenschaft ihr Verhältnis zum Bild neu überdacht hat.“

Durch die Dominanz von Bildern ist nämlich keineswegs – wie einst prognostiziert wurde – das Medium Text reduziert oder in den Hintergrund getreten. Vielmehr tritt es in ständig neue Interaktionen mit visuellen Erscheinungen. Die rapide Abfolge von Bildern in Videoclips oder TV-Werbung, das nicht-lineare, zufallsgesteuerte und selektive Leseverhalten im Internet, die Interaktion mit Bildschirmbild und Bildschirmtext in Computerspielen und Internetforen, die Umsetzung literarischer Texte in visuelle Medien und performatives Lesen bringen neue Formen der Rezeption hervor. Eine Literaturwissenschaft, die allein auf die Exegese oder Kontextualisierung abgeschlossener, konservierter und feststehender Texte gerichtet ist, scheint hier wenig relevant. Dass Visualisierbarkeit bzw. Anschaulichkeit einen Text eingängig macht, ist bekannt, noch nicht hinreichend erforscht ist dagegen, wie diese Prozesse in der Leseerfahrung wirken. Wir versuchen der Frage nachzugehen: „Wie machen literarische (und nicht-literarische) Texte sichtbar bzw. erzeugen visuelle Vorstellung?“

„Wie schon in den ‚Visual Culture Studies‘ setzt sich langsam auch im Bereich der Literaturwissenschaften das Konzept der ästhetischen Erfahrung als Erklärungs- und Bewertungsgrundlage durch.“

Das Bewusstsein für eine ikonische Wende hat dazu geführt, dass nicht nur Kunst- und Medienwissenschaft, sondern auch die Literaturwissenschaft ihr Verhältnis zum Bild neu überdacht hat. Was als Einbildungskraft oder Imagination schon lange in literaturästhetischen Debatten mitgeführt wurde, wird im Zeichen der Intermedialität mit neuer Sensibilität für Darstellungsmodi und Repräsentationsformen diskutiert. Man widmet sich mit erneuter Aufmerksamkeit den vielen Bildern, die in literarische Texte immer schon eingelassen sind, z.B. als Metaphern, Beschreibung oder Ekphrasis, und den Überschneidungen in unterschiedlichen Darstellungs-

DIE AUTORIN



PROF. DR. RENATE BROSCH

leitet als Nachfolgerin von Hans-Ulrich Seeber seit dem SS 2007 die Abteilung Neuere Englische Literatur der Universität Stuttgart. Sie hat u.a. zu Henry James, zur Kurzgeschichtentheorie, zu Text-Bild-Beziehungen und zu australischer Literatur veröffentlicht. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Visual Culture Studies, Narratologie, Literatur des 19. und 20. Jahrhunderts und Literaturadaptionen im Film.

Kontakt

Universität Stuttgart, Institut für Literaturwissenschaft, Anglistik
Heilbronner Straße 7, 70174 Stuttgart

Tel. 0711/6858-3101, Fax 0711/6858-3094

E-Mail: nel@ilw.uni-stuttgart.de, Internet: <http://www.uni-stuttgart.de/nel/>

weisen einer Epoche, die dann unter dem Blickwinkel der visuellen Kultur ihre Gemeinsamkeiten offenbaren.

Wie schon in den „Visual Culture Studies“ setzt sich langsam auch im Bereich der Literaturwissenschaften das Konzept der ästhetischen Erfahrung als Erklärungs- und Bewertungsgrundlage durch. Versteht man Texte in diesem Sinne als kommunikative und performative Ereignisse, die immer an einen Adressaten gerichtet sind, dann eröffnet sich die Möglichkeit, ihre speziellen Eigenarten oder „Strategien“ zu analysieren, die im Vollzug der Lektüre die Leseerfahrung bestimmen. Eine Literaturwissenschaft, die sich primär auf Texte als fertige Entitäten konzentriert, ignoriert eine ganze Anzahl von Prozessen, die in die Erfahrung von Literatur eingebunden sind: dass nämlich der Akt des Lesens selbst eine Verarbeitung von visuellen Zeichen ist, dass im Verlauf der Lektüre Visualisierungen stattfinden und dass diese mit konventionellen Voreinstellungen des Sehens und vorhandenen Imagologien abgeglichen werden. Aus diesem dynamischen Prozess resultieren neue Sichtwei-

sen, die ihrerseits Bildlichkeiten beeinflussen. Die Interaktion zwischen Lesern und Texten vermittelt zwischen Textpotential und Leseerwartung.

Durch die Kognitionswissenschaften ist in den letzten Jahren deutlich geworden, dass sich (verstehendes) Lesen nicht in visuelle und kognitive Elemente auseinanderdividieren lässt. Ein Sehen der Schrift ist immer zugleich Entziffern, Entschlüsseln und Hypothesenbildung. Es gibt kein „unschuldiges Auge“, das wie eine Kamera erst registriert, damit die Daten dann im Gehirn weiterverarbeitet werden. Visuelle Vorstellungen sind vielmehr immer schon das Ergebnis von Interpretationen, und Textverständnis ist keine passive Aufnahme eines gegebenen Inhalts, sondern aktive Sinnkonstitution. Es handelt sich bei Visualisierungen um Interaktionsprozesse, in denen textuelle Elemente auf bestimmte Lesestrategien stoßen, von denen sie wiederum geformt werden. Eine mitreißende Lektüre macht uns immer wieder deutlich, wie sehr es auch Texte vermö-

gen, uns Bilder vor Augen zu führen. •
Renate Brosch

Schlachtenbilder, Bilderschlachten

Technische Innovationen und die visuelle Kultur des Krimkriegs (1853–1856)

Offenbar ist Kriegshorror die zähste Konstante der menschlichen Geschichte; empirisch gesprochen haben wir dauernd Krieg. Das bringt Probleme für die Verantwortlichen mit sich, die es schaffen müssen, Krieg trotz der bekannten Folgen öffentlich akzeptabel zu machen. In historischer Zeit hat man zu diesem Zweck u. a. auf die ästhetische Attraktion von bunten Fahnen und galoppierenden Pferden zurückgegriffen, sowohl auf den Kriegsschauplätzen wie in den entsprechenden Historiengemälden, während in unserer eigenen



Vorabdruck der gekürzten Fassung des Beitrages „Schlachtenbilder, Bilderschlachten. Zur visuellen Kultur des Krimkrieges“ von Ulrich Keller in: Georg Maag, Wolfram Pyta, Martin Windisch (Hrsg.), *Der Krimkrieg als erster europäischer Medienkrieg*, „Kultur und Technik“, Schriftenreihe des IZKT der Universität Stuttgart, Bd. 13, Münster u.a. (in Vorbereitung)

Zeit blitzender Düsenjäger-Stahl und Star-War-Mystik auf den Fernsehschirmen erhalten müssen, um die Blutspuren zu verwischen. Auch der sehr verlustreiche Krimkrieg (1853 bis 1856) war paradoxerweise ein schöner, visuell faszinierender Krieg, und an der Schwelle der Moderne wurde sein ästhetischer Reiz nicht mehr allein von den traditionellen Kunstgenres gefeiert, sondern durch neue Bildmedien wie Fotografie, Lithografie und Presseillustration in breite, bis dato an visueller Kultur kaum beteiligte Bevölkerungsschichten getragen.

Dieser obskure Krieg, der den Geschicken Europas keine dramatische Wendung gab, wäre heute von geringem Interesse, wenn es sich nicht um den ersten „modernen“ Krieg der Geschichte handelte. Präzisionsgewehre, Dampfschiffe und Chloroform wurden militärisch zuerst auf der Krim eingesetzt; Generäle schickten ihre Befehle bereits telegrafisch in die Gräben, und Munition gelangte per Eisenbahn an die Front. In der lange auf epische Schlachtschilderungen spezialisierten britischen Historiografie fanden diese modernen Züge nur verspätete und marginale Beachtung.

Noch rezenter ist das wissenschaftliche Interesse an solchen Kriegsaspekten, die nichts mit militärischer „Hardware“, mit Waffen und Maschinen zu tun haben, sondern mit ästhetischer „Software“, d.h. mit der Masse der optischen Signale und Bilder, die dem Krimkrieg in den Augen der Zeitgenossen einen visuell spektakulären Charakter verliehen. Mit ihrer Fixierung auf schriftliche Quellen haben Historiker die bildliche Hinterlassenschaft des Krimkriegs ignoriert – sie schien nicht der primären Schicht historischer Handlungen und Realitäten anzugehören, sondern

nachträglicher Spiegelreflex und kosmetische Verbrämung zu sein. Eine gründliche Sichtung dieser Bildquellen lässt jedoch keinen Zweifel, dass die Ästhetik funktionale Kriegskomponente und für das historische Endresultat ebenso entscheidend war wie Kanonenkugeln und Grabensysteme. In vieler Hinsicht bildet diese Ästhetisierung des Kriegsgeschehens den modernsten Aspekt der Krimkampagne.

1. Nachrichtentechnik und Beschleunigung

Ort der Produktion und Rezeption des ästhetischen Scheins war vor allem die Heimatfront. Die vom Kriegsschauplatz eintreffenden Rohnachrichten wurden in London und Paris unter großem Zeitdruck aufbereitet, um verschiedene soziale Zielgruppen in der Zivilbevölkerung mit aktuellen, attraktiven Bildern und Erzählungen zu versorgen, die sekundär auch wieder an die Armee an der russischen Front re-exportiert wurden. „Man stelle sich vor, wie der weißhaarige Nestor und der listige Odysseus gegen Ende ihres ersten Belagerungsjahrs vor Troja das erste Buch der Ilias lesen und sich auf die Fortsetzung freuen“, so kommentierte ein Edinburger Magazin die präzedenzlose Gleichzeitigkeit von militärischem Ablauf und geschichtlicher Aufzeichnung und machte damit auch auf die enge Verkoppelung von Kriegs- und Heimatfront als ein spezifisch modernes, von den mechanisch akzelebrierten Transport- und Nachrichtenprozessen hervorgebrachtes Phänomen aufmerksam.¹ Dank der neuen technischen Errungenschaften blieben sich die Truppen in der Krim und die Bevölkerung in England viel näher, ja inniger verbunden, als dies je zuvor bei einem fern der Heimat geführten Feldzug der Fall gewesen war. Der Strom der offiziellen Depeschen, Presereportagen und Privatbriefe, der sich ständig von Sewastopol nach London wälzte, wurde buchstäblich postwendend mit Sendungen aller Art in umgekehrter Richtung beantwortet – auf englischer Seite geriet insbesondere die Versorgung der im Winter notleidenden Expeditionstruppen mit emotional besetzten Geschenkpaketen zum Nationalsport. Von Presseberichten tief gerührte Dienstmädchen nähten Sparpfennige in Socken für die Front, Bürgertum und Adel verwöhnten ihre Angehörigen im Offizierskorps mit Plumpudding

und Patentmatratzen, und selbst die Queen stickte Armschlingen für verwundete Krimheroen.

2. Die Erfindung der Bildreportage

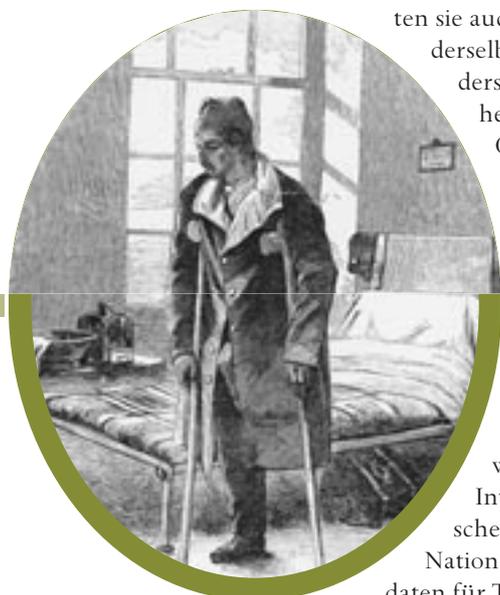
Der Krimkrieg wurde vor allem für die Ausbildung von sachlicher Reportage in der Tagespresse und von ebenso faktenorientierten Bildberichten in den damals gerade aufkommenden illustrierten Wochenzeitungen bedeutsam. Im Gegensatz zur Reportage war die traditionelle Historienmalerei kommemorativ gewesen, d. h. sie hinkte den Ereignissen hinterher. Leonardos berühmte Anghiarischlacht etwa zeigte ein vor Leonardos Geburt datiertes, also nur noch erinnerbares, aber nicht mehr beeinflussbares Geschehen. Dagegen wurde der Krimkrieg nicht erst nachträglich von berühmten Künstlern imaginiert, sondern in seinem Verlauf von zahlreichen Pressebeobachtern für die Öffentlichkeit nahezu *simultan* aufgezeichnet und publiziert. Die (Bild-) Reporter waren eine Erfindung des Krimkriegs. Sie wurden mit ihrem Berufsethos der objektiven, unverfälschten Wiedergabe der Ereignisse vor allem in England – das anders als Frankreich keine Zensur kannte und in einem hundertjährigen Diskurs gerichtlich einklagbare Standards von Tatsache statt Fiktion und Beweis statt Verleumdung entwickelt hatte – zu einer autonomen, von Regierung und Generalität unabhängigen und potentiell kritischen Instanz. Der Sturz der britischen Regierung im Kriegswinter von 1854/55 war direktes Resultat einer gezielten Pressekampagne, zu deren bildlichen Höhepunkten mehrere von der ILLUSTRATED LONDON NEWS publizierte, als Anklage der Missstände an der Front gemeinte Skizzen frierer Truppen in den Gräben und eines beinamputierten Invaliden in einem

ABSTRACT

Chloroform, telegraphy, steamships and rifles were distinctly modern features of the Crimean War. Covered by a large corps of reporters, illustrators and cameramen, it also became the first media war in history. The social and technological frameworks of mid-Victorian Britain turned the staging, writing and picturing of history, i. e. history itself, into a novel enterprise; in 1854/55, before Sebastopol, history took a form which it had never possessed before, as is manifested especially in the war's visual and media dimension. In the Crimea the presence of camera men, Special Artists and reporters – all of them professionals operating independent of government and military leadership – meant that to a much greater degree than previously possible or necessary the war events had to be masked by their organizers to create advantageous public perceptions and to adapt them to the habits of popular consumption.

Der Krimkrieg war der erste Krieg, bei dem nicht nur moderne Mittel wie Chloroform, Telegrafie oder Dampfschiffe eingesetzt wurden, sondern er war vor allem der erste Medien-Krieg in der Geschichte. Die fast zeitgleiche Begleitung der Ereignisse durch Illustratoren, Reporter und Fotografen haben die Beschreibung und Visualisierung des historischen Geschehens und damit die Geschichte selber vor eine neue Herausforderung gestellt. Die umfassende Berichterstattung und Dokumentation erforderte von den Protagonisten eine Präsentation und Maskierung der Kriegsgeschehnisse, um die öffentliche Wahrnehmung entsprechend zu beeinflussen und die allgemeinen Erwartungshaltungen zu bedienen.

¹ BLACKWOOD'S EDINBURGH MAGAZINE, Vol. 77, Jan.–Juni 1855, 531.



01

„Scene in the Military Hospital, at Haslar“, Holzstich (Illustrated London News, 3.2.1855)

Militärhospital gehörten (01). Solche Reportagebilder sind nicht passive Spiegelreflexe vorgegebener, unabhängig ablaufender Ereignisse, sondern haben den historischen Prozess aktiv mitgestaltet.

Als wirksame Anklage der Regierung machten sie auch eine effektive Antwort auf derselben bildlichen Ebene und an derselben zunehmend wichtigen heimatlichen Pressefront nötig.

Queen Victoria z. B. initiierte zeremonielle Visiten in Militärhospitälern, die durch Gemälde und Zeitungsskizzen im ganzen Land publik wurden (02). Die von der liberalen Presse als sinnlos und vermeidbar dargestellte Dezimierung der britischen Armee vor Sewastopol wurde durch solche königliche Interventionen in eine patriotische Perspektive reintegriert. Der Nation wurde suggeriert, dass die Soldaten für Thron und Altar geblutet hatten – das half die zeitweise bedrohliche und sogar umsturzträchtige Krise der zivilen und militärischen Führung zu ent-

von Vernunft und Menschlichkeit, aber nur, um den Irrsinn der militärischen und staatlichen Strukturen bloßzustellen.

Polyphon und pluralistisch konkurrierender Bildeinsatz dieser Art, der verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen gestattete, ihre politischen Standpunkte ästhetisch in regelrechten Bilderschlachten zu propagieren, war ein historisches Novum, denn in früheren Jahrhunderten hatten die Machthaber ein weitgehendes Monopol auf die Produktion von Bildpublizität gehabt, die vor dem Aufstieg der populären Presse vorwiegend die Form großformatiger Historien Gemälde für die Paläste angenommen hatte.

3. Die Rolle der Fotografie

Neben der zeichnerischen Presseillustration war die Fotografie das sensationellste neue Bildmedium des Krimkriegs. Sie konnte beanspruchen, die Ereignisse wahrheitsgetreuer als Stift und Pinsel festzuhalten, erwies sich letztlich aber ebenso unbegrenzt manipulierbar; den schönen Schein des Krimkriegs hat die Kamera eher verstärkt als unterminiert, und ganz im



02

„Her Majesty at Brompton Hospital“, Holzstich (Pen and Pencil, 10.3.1855)



03

„The Queen Visiting the Imbeciles of the Crimea“, Holzstich (Punch, 14.4.1855)

schärfen. Doch die Situation

blieb komplex. Das zeigt eine Karikatur in PUNCH, die das Muster von Victorias Lazarettvisiten ironisch invertiert, indem sie die Invaliden mit „Imbeciles“, d. h. mit Symbolfiguren des schwachsinnigen britischen Ambulanz-, Nachschubs- und Verwaltungssystems ersetzt (03). Die liberale Presse akzeptiert Victoria hier als Garant

Gegensatz zu der verbreiteten

Annahme vom prinzipiell demokratischen und egalitären Charakter der Fotografie bewies die Kamera im Krimkrieg eine erstaunliche Affinität zu königs- und regierungstreuer Berichterstattung. Roger Fenton, dem Leibfotografen Queen Victorias, der im März 1855 mit seinem Dunkelkammerwagen und königlichen Empfehlungs-

schreiben auf der Krim erschien, wird die erste fotografische Kriegsreportage der Geschichte zugeschrieben, doch verfolgte er zwei höchst traditionelle Ziele außerhalb des Pressekontexts. Erstens gab er in Einzelbildern und Panorama-Serien einen umfassenden topografischen Überblick über den Kriegsschauplatz. Zweitens erstellte er eine Porträtgalerie des britischen Generalstabs und anderer sozial distinguiertener Offiziere vor Sewastopol. Gutes Beispiel für letzteres Genre ist Captain Burnaby, der in malerischer Garderuniform vor dem Hintergrund von Reitpferden, nubischem Diener und gewehrpräsentierender Ordonnanz beredtes Zeugnis vom Selbstverständnis und Lebensstil der britischen Armeeführung vor Sewastopol ablegt (04).

Da Fentons archaische Negative noch zehn Sekunden Belichtung erforderten, kamen ungestellte Schnappschüsse militärischer Aktionen von vornherein nicht in Frage, und da es die Autotypie noch nicht gab, konnten seine Fotos auch noch nicht in Zeitungen abgedruckt werden, sondern blieben als extrem teure Originalabzüge der sozialen Elite vorbehalten.

Selbst im topografischen Genre waren Fentons Möglichkeiten dadurch stark beschnitten, dass er sich gegen eine der bereits verfügbaren tragbaren Fotoausrüstungen entschieden hatte, zugunsten eines schwerfälligen Dunkelkammer-Wagens, der im Morast des Kriegsschauplatzes nur von sechs Artilleriepferden fortbewegt werden konnte. Dies erklärt, warum Fenton im Nachschubhafen von Balaklava in der Enge von Docks und Häuserblocks gefangen blieb (05) und bei seinem wochenlangen Treck zum Lager vor Sewastopol von der ausgetretenen Heerstraße kaum abwich. Seine Konkurrenten Felice Beato und James Robertson waren vergleichsweise viel mobiler; mit ihrem tragbaren Gerät fiel es ihnen z. B. nicht schwer, das britische Lazarett auf den Höhen über Balaklava abzulichten (06). Fenton näherte sich einmal dem hintersten Grabenkreis auf 600 Meter, bis an den Rand der Reichweite der russischen Artillerie. Daraus resultierte ein scheinbar hoch aktuelles Foto, das unter dem biblisch-mythologisierenden Titel „Tal des Todesschattens“ Berühmtheit erlangte. Nur hat man übersehen, dass das Foto in zwei sich widersprechenden Versionen existiert (07, 08), denn während die



Roger Fenton,
„Capt. Burnaby,
Grenadier
Guards &
Nubian Servant“,
Fotografie, 1855
(George Eastman
House, Roch-
ester, N.Y.)

04



Roger Fenton,
„Der Hafen von
Balaklava“,
Fotografie, 1855
(Gernsheim
Collection,
Harry Ransom
Humanities
Research Center,
University of
Texas, Austin)

05

Geschosse zunächst friedlich im Graben liegen, sieht man sie später so über die Straße verstreut, als habe ein Artilleriehaegel den Fotografen soeben in große Gefahr gebracht. Fenton hat hier dramatisierend Regie geführt; gerade sein bekann-



James Robertson
und Felice Beato,
„Balaklava with
the Hospital
Huts“, Foto-
grafie, 1855/56
(Windsor Castle,
Foto Imperial
War Museum,
London)

06

testes Krimfoto, das den tief beeindruckten Zeitgenossen die ebenso bedrohliche wie spannende Kriegswirklichkeit wie kein handgemachtes Bild nahebrachte, erweist sich im Kern manipuliert.

Der kaum weniger bewunderte „Kriegsrat“ (09) scheint dagegen über Zweifel erhaben zu sein. „Kriegsrat der drei alliierten

Befehlshaber am Morgen der Eroberung der Mamelon-Festung“, lautet der Titel klar genug, doch bei genauerer Prüfung verflüchtigt sich die historische Gewissheit. Zwar gab es eine Sitzung zur Vorbereitung des Sturms auf das russische Vorwerk, doch fand sie drei Tage zuvor statt und war von 17 Ingenieuren und Artillerieoffizieren besucht. Dass sich die drei Oberkommandeure trotzdem ein exklusives Stelldichein gaben, wird von Fentons Aufnahme zwar bewiesen, aber seine

Korrespondenz belegt, dass dies 24 Stunden vor dem Angriff geschah. Die Generäle haben sich an diesem Morgen dem Fotografen auf einige Minuten für mediale Zwecke zur Verfügung gestellt und führen

unter seiner Regie willig das Schauspiel „Kriegsrat“ vor, um möglichst bald zu ihren eigentlichen Geschäften zurückzukehren. Das militärische Führen und ästhetische Symbolisieren von Krieg sind zwei verschiedene Dinge geworden – u. a. weil die zunehmend komplizierte Kriegstechnik sich gemeinverständlicher Abbildung entzog.

Der naive zeitgenössische Glaube an die untrügliche Tatsächlichkeit des Kamerabildes ist damit allerdings widerlegt. Fotografisch garantierte „Authentizität“ war nur die

besondere Form, die das uralte Projekt der mythologischen Aufbereitung von Geschichte im bürgerlichen Zeitalter annahm.

4. Das Ende der Historienmalerei

Die Frage liegt nahe, wie die traditionelle Historienmalerei auf die modernen Bildmedien reagiert hat. Dazu ein bezeichnendes Beispiel: Im Juni 1856, nach hastiger Arbeit, um termingerecht zum Kriegsende fertig zu sein, stellte das angesehene britische Akademiemitglied Augustus Egg ein Gemälde aus, das leicht als künstlerisch redigierte und veredelte Version von Fentons Kriegsrat-Foto erkennbar ist (10). In der unverblühten Anleihe und der für ein qualitativ volles Ölbild ungewöhnlichen Rapidität der Herstellung wird deutlich, dass die Historienmalerei sich unter dem Druck der neuen technischen Medien gezwungen sah, nicht nur deren als authentisch verbürgte Bildmotive zu entleihen, sondern auch deren beschleunigten,



07

Roger Fenton, „The Valley of the Shadow of Death“, Fotografie, 1855 (Gernsheim Collection, Harry Ransom Humanities Research Center, University of Texas, Austin)



08

Roger Fenton, „The Valley of the Shadow of Death“, Fotografie, 1855 (Gernsheim Collection, Harry Ransom Humanities Research Center, University of Texas, Austin)



09

Roger Fenton, „The Council of War, Held on the Morning of the Taking of the Mamelon“, Fotografie, 6.6.1855 (Gernsheim Collection, Harry Ransom Humanities Research Center, University of Texas, Austin)



10

„Field Marshal Lord Raglan, Omar Pasha and General Pelissier in Conference at 5 a. m. on the Morning of June 7th 1855, during the Period when an Attempt was Made to Take the Mamelon“, Stich von S. Bellin nach einem Gemälde von Augustus Egg, 1857 (National Army Museum, London)

von den Tagesereignissen diktierten Produktionsrhythmus zu übernehmen. Es verwundert nicht, dass diese Ausbeutung der Aktualität des Bildgegenstands und das resultierende Wettrennen mit der Zeit nicht auf die Initiative des Künstlers, sondern eines Unternehmers zurückging; Egg arbeitete nämlich im Auftrag des Kunsthändlers Henry Graves, der vor allem am

lukrativen Vertrieb der hier abgebildeten Stichkopie nach dem Originalgemälde interessiert war. Solche grafischen Massenreproduktionen waren um die Mitte des 19. Jahrhunderts derart gewinnbringend, dass das Copyright eines populären Bildes oft den zehnbiszwanzigfachen Wert des Originalgemäldes besaß. Eggs gemalter Kriegsrat, von einer weit verbreiteten Fotografie abgeleitet und durch einen weit verbreiteten Stich reproduziert, war also nur eine Art Durchgangsstation von und zu zeitgemässeren Medien. In einer Periode verfallender Historienmalerei war es nur deshalb noch gemalt worden, weil es kommerziell vorteilhaft war, Stiche mit dem Vermerk „kopiert nach dem berühmten Werk des Akademiemitglieds XY“ auf den Markt zu bringen.

In Frankreich befand sich die Militärmalerei in einer anderen Situation, da sie nicht wie in England auf Unternehmer- und Adelspatronage angewiesen war. Vielmehr behandelte der Staat hier die Malerei als eine wie die Justiz komplett beherrschbare und verfügbare professionelle Apparatur, die für wechselnde Regierungszwecke flexibel eingesetzt werden konnte. Die Kontrolle wurde gesichert über ein staatlich organisiertes Ausbildungs-, Ausstellungs- und Ankaufssystem, das letztlich auf die rigorose mimetische Programmierung der Bildproduktion zwecks reibungslosem Transport gewünschter Bildbotschaften abzielte. Der auf maximale Abbildungspräzision angelegte Ausbildungsdrill, die spektakuläre offizielle Auszeichnung von Künstlern und Werken und vor allem auch die von der Professionalisierung der Geschichtsschreibung und Pressereportage geförderte Verwissenschaftlichung der Historienmalerei durch Archivrecherchen, Ortsbesichtigungen und ähnlichen Strategien der Authentizitätssteigerung brachten den resultierenden Werken einen Zuwachs an Glaubwürdigkeit, der auch den staatsmythologischen Inhalten zugute kam. Dies führte zu einer letztlich paradoxen Situation: Die Historienmalerei lieferte mit ihrer mimetischen Akkuratessesoziagen gemalte Fotografien von Ereignissen, die trotzdem nie etwas anderes als regierungsamtliche Konstrukte und Fiktionen sein konnten.

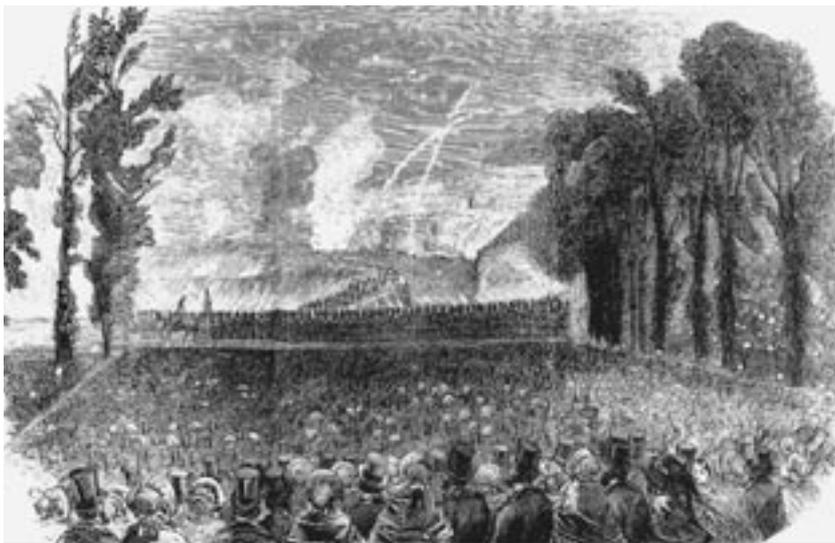
Paradefall für solchen Kunstbetrieb ist Adolphe Yvons „Einnahme des Malakoff-Turms“, der russischen Schlüsselstellung, mit deren Fall das Schicksal Sewastopols

besiegelt war. Yvon erhielt den Auftrag für die riesige, 54 Quadratmeter messende, für das „Musée National“ im Palast von Versailles bestimmte Leinwand vom Kaiser selbst (11). Das Honorar betrug fürstliche 20.000 Francs, und für eine zum Authentizitätsbeweis unternommene Reise in die Krim stellte der Marineminister dem Maler eine Fregatte mit 300 Mann Besatzung zur Verfügung. Der heutige Schlachtenmaler, so erklärte ein Kritiker bei Anlass des Salon-Debuts von Yvons Leinwand, kann es nicht mehr wie ehemals mit ein paar malerischen Floskeln bewenden lassen, sondern muss „sich streng an die Armee-Bulletins halten, die Berichte der Offiziere studieren, die Lage des Terrains erkunden, die Stellung der verschiedenen Divisionen anzeigen – kurz, er muss sich als Kenner der Strategie erweisen und die rigorose Exaktheit bis zur Wiedergabe lebensgetreuer Porträts von den Hauptakteuren treiben.“² Indem Yvon sich diesem Objektivitätszwang unterwarf, wurde es u. a. nötig, das noch in England perpetuierte hierarchische Gefälle zwischen Generälen und Gefreiten abzubauen; deren Größe auf der Leinwand bemaß sich nun nach perspektivischen Regeln, nicht sozialer Eminenz. Heraus kam dabei ein parataktisch organisiertes Gemälde, das auf die Mittel pyramidaler Subordination und dominanter Handlungshöhepunkte verzichtet und in offenkundiger Konkurrenz zu Panorama-Rundbildern eine große Episoden- und Figurendichte von Rand zu Rand aufbietet. Eine Komposition dieser Art verstand sich als Äquivalent von Generalstabsdepeschen und Pressereportagen und wollte sukzessiv an Hand des aus eben diesen Quellen gespeisten Kommentars im Ausstellungskatalog gelesen sein. Yvons Akademie-„Schinken“ kann denn auch ironischerweise größeren dokumentarischen Wert beanspruchen als die Bildreportagen, die kurz nach dem Fall des Malakoff in L'ILLUSTRATION erschienen waren – denn diese Zeichnungen hatte Durand-Brager aufgrund seiner Ortskenntnis, doch ansonsten nur seiner Phantasie folgend, am heimischen Herd in Paris angefertigt.



Adolphe Yvon, „Prise de la tour de Malakoff par le général MacMahon, 8 septembre 1855“. Öl auf Leinwand, 1857 (Musée national du chateau de Versailles)

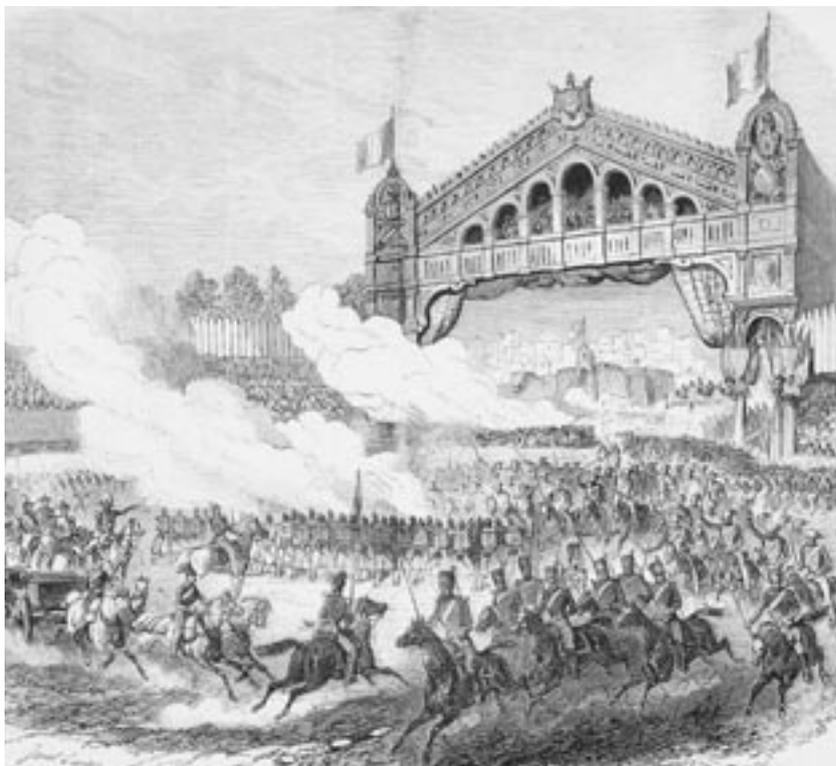
² A. J. du Pays in L'ILLUSTRATION, 4.7.1857, 6



12

„Grand Military Fete at Cremorne Gardens in Aid of the Funds of the Wellington College“, Holzstich (Picture Times, 18.8.1855)

Insgesamt ist deutlich, dass die Historienmalerei mit dem Überangebot von quasi wissenschaftlich garantierten Bildinformationen an ihre Grenzen stieß: Ihre gesellschaftliche Nützlichkeit hatte jahrhundertlang in ihrer Funktion als Mythos-



13

„Nouveau théâtre de l'Hippodrome – Representation du Siège de Silistrie“, Holzstich (L'Illustration, 16.9.1854)

Maschine gelegen, aber mit der Rücknahme mythisierender Gestaltungsmittel entleerte sich das Genre, und plakative Staatsprojekte im Stil von Yvons Malakoff-Einnahme verschwanden gegen Ende des 19. Jahrhunderts aus dem Salonrepertoire.

5. Die Shows von London und Paris

Wir beschließen unseren Medienüberblick mit einer Kategorie theatralischer Schauarbeiten, die weit unterhalb des akademischen Hochkunst-Niveaus angesiedelt waren, aber in ihrem spektakulären Erscheinungsbild alles überschatteten, was zweidimensionale Kriegsschilderungen auf Leinwand und Papier zu bieten hatten. Historisch ging dieses Showbusiness auf das späte 18. Jahrhundert zurück, als der Aufstieg des Bürgertums zu einer so massiven Ausweitung des Kunstkonsums führte, dass traditionelle Methoden der Bildproduktion versagten. Kommerziell tüchtige Maler hörten auf, kleine Kabinettbilder für Einzelkunden zu malen und verlegten sich auf die Herstellung grandioser Riesenleinwände wie Panoramen und Dioramen, die im Vordergrund ins Dreidimensionale übergingen, durch Live-Darbietungen von Schauspielertruppen ergänzt wurden und gegen Eintritt stundenweise zu sehen waren, also etwa wie Kinos funktionierten. Das Londoner und Pariser Großstadtpublikum begeisterte sich für Spektakel dieser Art, und so kam es, dass der Krimkrieg zuhause nicht nur auf weißen Papierflächen gelesen und betrachtet, sondern in multimedialen Museums- und Theaterräumen auch angefasst, illusionär erfahren und nacherlebt werden konnte.

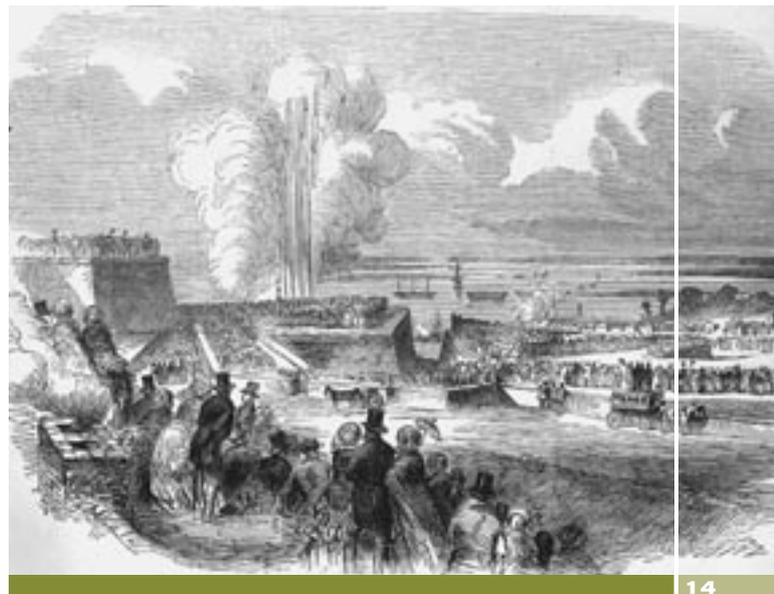
Die glorioseste Krimkriegsunterhaltung bestand in den Scheinschlachten, die nächtlich um lebensgroße Attrappen der Bastionen von Sewastopol in Vergnügungsparks wie Surrey Zoological Gardens, Cremorne Garden und Astley's Amphitheater ausgefochten wurden. Viele Monate bevor er wirklich eintrat, wurde der Fall von Sewastopol hier als permanentes Spektakel vorweggenommen. Etwaige Unterscheidungen zwischen dem tatsächlichen und dem repräsentierten Kriegstheater wurden u. a. dadurch verwischt, dass Kriminvaliden für ein Trinkgeld bereit waren, sich allabendlich im Zoo von Surrey selbst darzustellen. Der insgesamt höchst lebensnahe Effekt solcher Vorführungen wurde oft noch durch spezielle pyrotechnische Künste gesteigert. **(12)** zeigt das Pressebild einer Nachtvorstellung in Cremorne Gardens, die der atemlosen Menge das Erlebnis eines rakettenverbrämten Sturmangriffs auf Sewasto-

pol vermittelte. Sogar die Oper liess sich von der allgemeinen Krimbegeisterung anstecken, denn als man in London Donizettis „Figlia del Regimento“ aufführte, musste die Hauptdarstellerin in einem waschechten, von Fentons Foto-Dokumentation angeregten Krimkostüm auf der Bühne erscheinen.

In Paris spielte kapitalistisches Showbusiness eine geringere Rolle, doch nahm Kriegstheater hier gelegentlich noch kolossale Dimensionen an. Die Belagerung von Silistria in der einleitenden Donau-Phase des Feldzugs wurde z. B. auf dem Marsfeld einmal mithilfe einer eineinhalb Kilometer breiten Kulisse und ganzer Bataillone von Kombattanten inszeniert, die sich nach einem zeitgenössischen Pressekommentar „gewissenhaft bis zum bitteren Ende massakrierten.“ Man weiß auch, dass im Pariser Hippodrom Kavallerieschlachten im Ballettschritt aufgeführt wurden **(13)**.

Bezeichnend ist bei alledem, dass auch die permanenten, kommerziell ästhetisierten Repetitionen des Kriegs in den urbanen Schaustätten unter dem Druck standen, sich als „authentisch“ auszuweisen. Neben Fentons Einfluss auf die Opernbühne belegt das ein Reklameblatt für das kolossale Belagerungsmodell in Surrey Gardens, wo zu lesen stand, dass es von dem Maler Danson nach Karten, Zeichnungen und mündlichen Informationen mit quasi wissenschaftlicher Zuverlässigkeit erstellt worden sei. Trotz krasser Sensationalisierung unterwarf sich also auch das Showbusiness zumindest dem Gestus nach dem zeitgenössischen Imperativ faktischer Objektivität. In dieser angeblichen Authentizität des skrupellos sensationalistischen Volksspektakels lag ein typisch viktorianischer Widerspruch.

Genetisch und strukturell hybrid, kannte das Showbusiness auf beiden Seiten des Kanals keine Hemmung, alle vorhandenen Vehikel visueller Exhibition und kultureller Konsumtion zur Steigerung des Unterhaltungseffekts systematisch auszubeten. Reminiszenzen aus der Porträt- und Historienmalerei, Anleihen bei Geografie und Ballistik sowie Rahmenstrukturen aus der musealen oder universitären Sphäre, wie z. B. belehrende Begleitvorträge, wurden hier kannibalistisch verarbeitet. Das Endresultat war von epochaler Bedeutung, denn stand bis ins 19. Jahrhundert fest, dass das historische Ereignis Vorgang und



14

„Siege Operations at Chatham – Springing a Mine“, Holzstich (Illustrated London News, 22.7.1854)

Vorrang hatte vor seiner Abbildung, so waren nun gewaltige Darstellungsapparaturen und -kapazitäten vorgegeben, die die Geschichte zum Wurmfortsatz und Epiphänomen großstädtischen Spektakels machten. Die Druckerpressen und die Amphitheater – allgemeiner: die Vehikel kultureller Produktion und Konsumtion – liefen immer schon auf Hochtouren und verlangten nach Speisung, ehe die historischen Ereignisse eintraten, und sobald sie eintraten, taten sie es in vorgefertigten Kostümen auf den vorhandenen Schaubühnen. Anders gesagt: der Krieg, der tatsächlich geführt wurde, war zum ständi-



15

„Sebastopol from the Rear of the Great Redan“, handkolorierte Lithografie aus der Serie „The Officers' Portfolio of Striking Reminiscences of the War ...“, publiziert um 1856 von Dickinson Brothers (National Army Museum, London)

gen ästhetischen Wettstreit mit dem anderen gezwungen, der längst über die Londoner und Pariser Bühnen ging. Aber die Wirklichkeit des Krieges wurde nicht nur unauffindbar in den tausendfachen Adaptionen, Repetitionen und

DER AUTOR



ULRICH KELLER

Since receiving a Ph.D. in art history from the University of Munich, Germany, in 1969, Ulrich Keller has held research positions at several German and American institutions. In 1982 he joined the Department of the History of Art and Architecture at the University of California, Santa Barbara. Ulrich Keller's research interests have ranged from Baroque art to contemporary photography. He is most interested in the relationships images have with history and ideology. His numerous awards include a Guggenheim and a Senior Mellon Fellowship. His publications include books on Equestrian monuments, August Sander, the Crimean War, and the Warsaw Ghetto, and articles on Rembrandt, Felix Nadar, Art Photography around 1900 and Walker Evans.

Kontakt:

University of California
 Santa Barbara, California 93106-7080
 Tel. (805) 9679379
 E-Mail: ukeller@arthistory.ucsb.edu

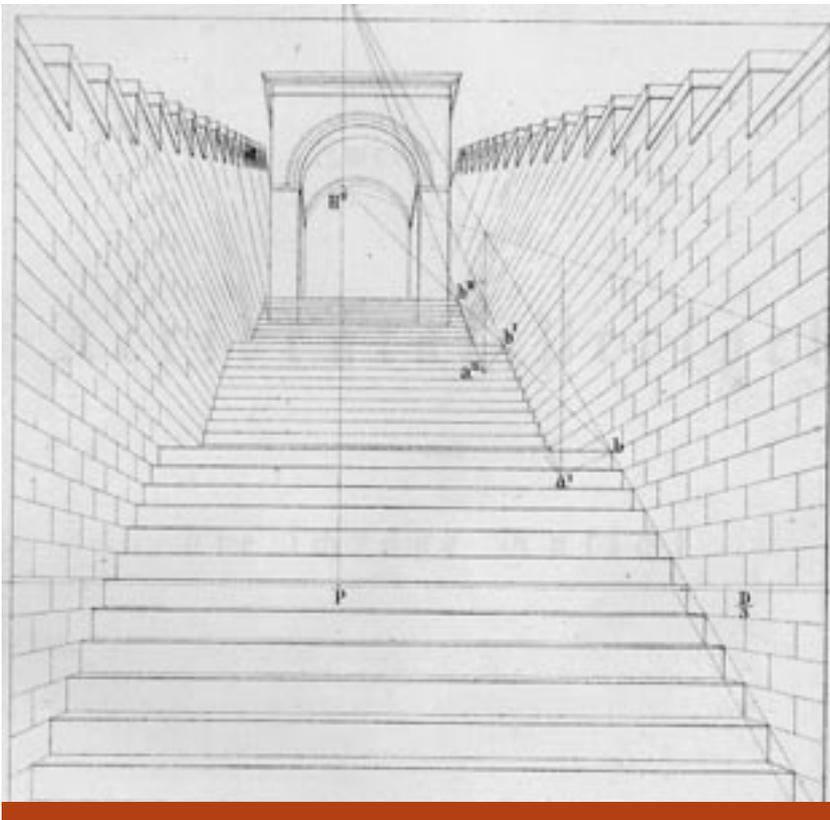
³ Jean Baudrillard, „The Precession of Simulacra“, in: *Art After Modernism: Rethinking Representation*, hrsg. von B. Wallis und M. Tucker, New York 1984, 254

Nachbereitungen durch Presse, Kunst und Showbusiness; sie verlor ihre Einmaligkeit auch deshalb, weil sie in zahllosen Planungs-, Test- und Trainingsveranstaltungen bis in kleine Details vorprogrammiert worden war. Dafür ein Beispiel. Kurz vor Beginn des Krimfeldzugs wurde in Chatham bei London zu Versuchs- und Demonstrationzwecken eine Mine gezündet (14), die scheinbar dieselbe Menge von Neugierigen anzog und ebenso begeistert applaudiert wurde, wie so mancher Bombeneinschlag im belagerten Sewastopol wenige Monate später (15). Offensichtlich

war der Krieg zur Domäne derer geworden, die über die Mittel zur Erprobung und Wiederholung erwünschter Szenarien verfügten. Baudrillard demonstrierte an Beispielen der jüngsten Vergangenheit, dass heute „das Wirkliche aus Miniatureinheiten, Matrizen, Datenbanken und Generalstabsmodellen hergestellt wird – und dass das Wirkliche wie diese unendlich oft reproduziert werden kann.“³ Anders gesagt, Authentizität ist im avancierten Medienzeitalter unmöglich geworden. Die Prähistorie dieses postmodernen Befunds begann im Krimkrieg. • Ulrich Keller

Kultur und Technik in Engführung

Visuelle Analogien und Mustererkennung am Beispiel der Balmerformel



In den allermeisten biographischen Portraits Balmers sowie in der Standardliteratur zur Geschichte der Quantentheorie und in den Lehrbüchern der Physik wurde und wird die nach Johann Jakob Balmer (1825–1898) benannte Formel für die Wellenlängen der Serienlinien des Wasserstoffspektrums bis heute als glücklicher Erfolg einer algebraisch-pythagoräischen Suchstrategie gewertet, wie sie auch den (erfolglos gebliebenen) Versuchen einer Auffindung von Obertonverhältnissen im Spektrum durch diverse Physiker zugrunde gelegen hatte. Der vom Unterricht im Basler Mädchengymnasium

etwas gelangweilte Mathematik- und Physiklehrer Balmer, so die Legende, habe eben nichts besseres zu tun gehabt, als alle möglichen Fitformeln für die Abhängigkeit der Wellenlänge λ von ganzzahligen Laufparametern n und m durchzuprobieren, bis er – angeblich ganz zufällig – auf die „richtige“ Formel gestoßen sei. Demgegenüber wird im folgenden gezeigt, dass Balmers Heuristik **de facto** sehr viel stärker von gewagten visuellen Analogien bestimmt war, die von seiner idiosynkratischen Art des Gestaltsehens von Mustern als perspektivischen Verkürzungen geprägt war.

1. Balmers Hintergrund

Diese spezifische Visualität kam nicht von ungefähr, sondern wurden durch familiäre Prägung und eine für Physiker ungewöhnliche polytechnische Ausbildung stimuliert. Um Balmer zu verstehen – und das gilt übrigens auch ganz allgemein für eine historiographisch stimmige Annäherung an Figuren der Vergangenheit, müssen wir uns unserem Akteur ganzheitlich nähern, ohne zu frühe Abschneidung von vermeintlich privatem oder nebensächlichem. Der 1825 in Lausen (Baselland) als ältester Sohn eines Richters geborene Johann Jakob Balmer hatte seit früher Kindheit Zeichenunterricht von seiner talentierten Mutter erhalten und blieb zeitlebens ein begeisterter Zeichner. Er besuchte die Bezirksschule Liestal und das Pädagogikum in Basel, wo er insbesondere durch den Mathematiklehrer Joseph Eckert geprägt wurde und seine Matura mit Auszeichnung bestand. 1844/45 nahm er ein Studium der Architektur und Mathematik am Karlsruher Polytechnikum auf, das er dann an der Berliner Bauakademie weiterführte, nicht etwa an der Friedrich-Wilhelm-Universität, wie vielfach fälschlich angenommen wurde. In seinem Nachlaß, der in der Basler Universitätsbibliothek liegt, finden sich u.a. Collegienhefte aus seiner Studienzeit, darunter die Mitschrift einer Vorlesung über den „Bildungsgang eines Architekten“, über „bürgerliche Baukunst“ und fein ausgeführte Bleistiftzeichnungen grundlegender architektonischer Bauelemente.¹

Leider sind die Matrikel der Bauakademie als einer der beiden Vorläuferinstitutionen der heutigen Technischen Universität Berlin erst ab 1868 (und nur lückenhaft) erhalten, aber aus zeitgenössischen curricula lassen sich die Lehrinhalte, mit denen der junge Balmer vertraut gemacht wurde, recht gut rekonstruieren: Neben Physik (insb. Statik fester Körper, Hydro- und Aerodynamik), Chemie, Mineralogie, Analysis, Geometrie und Trigonometrie, die von Professoren des Gewerbeinstituts gelehrt wurden, erhielten die angehenden Baumeister und Bau-Inspektoren Unterweisungen in Baukonstruktionslehre und Architekturzeichnen, geometrischer Schattenkonstruktion und Perspektive, Landschaftszeichnen, Ornamentzeichnen und in Architekturgeschichte.

Ende 1848 reichte Balmer eine Dissertation über Cycloide an der Universität Basel ein, mit der er am 3. Oktober 1849 (ohne mündliche Prüfung) promoviert wurde. 1859 reichte er ebenda eine Habilitationsschrift über die Rekonstruktion eines antiken Tempels anhand biblischer Quellen ein. Als Privatdozent bot er dann bis 1890 gelegentlich Lehrveranstaltungen über deskriptive Geometrie, architekturhistorische, kristallographische oder mathematische Themen an der Basler Universität an. Laut Personalkarte für Dozenten der Universität Basel erfolgte seine Habilitation im Sommer 1859 mit Lehrfach: Darstellende Geometrie. 1890 schied er aus gesundheitlichen Gründen aus dem Lehrkörper der Universität aus. Seinen Lebensunterhalt verdiente Balmer jedoch als Lehrer an einem Basler Mädchengymnasium. Wie Schulprogramme der Töchterschule Buergin zeigen, unterrichtete er Schönschreiben, perspektivisches Zeichnen, Geometrie und Arithmetik.

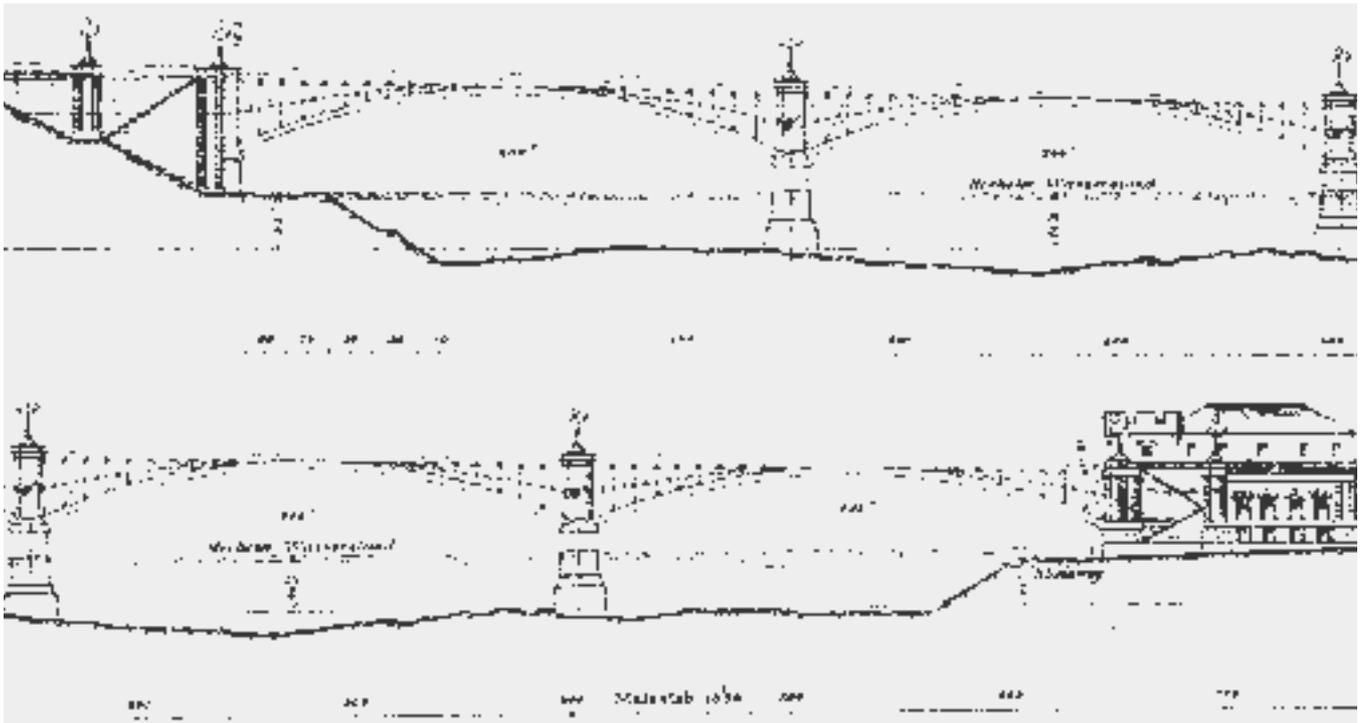
Architektur beschäftigte ihn auch nach seinem Studium weiterhin: z. B. legte er 1876 einen Entwurf für eine obere Rheinbrücke Basels vor, die an dieser Stelle wegen des starken Höhenunterschiedes beider Ufer bislang nicht gebaut worden war, dann aber tatsächlich bald errichtet wurde und nach mehreren Umbauten heute Wettstein-Brücke heißt (01).

Einige Jahre später rettete er Basels mittelalterliche Barfüßler-Kirche in der Altstadt vor der Zerstörung, in dem er auf den historischen Wert und die „vollkommenen Proportionen“ dieses damals stark heruntergekommenen Gebäudes hinwies. Ferner entwarf er auch sein eigenes bis heute weitgehend im Originalzustand erhaltenes Wohnhaus in Klein-Basel am rechtsseiti-

ABSTRACT

Spätestens seit den provozierenden Thesen von Charles Percy Snow (1959) zum Vorhandensein zweier grundverschiedener Wissenskulturen, den Natur- und Technikwissenschaften einerseits sowie den Geisteswissenschaften und der Literatur andererseits, wird immer wieder beklagt, dass beide einander nicht ausreichend verstünden und all zu oft unverbunden nebeneinander her statt konstruktiv miteinander arbeiten. Auch an einer Universität wie der in Stuttgart, wo beide Bereiche räumlich weit getrennt voneinander in zwei verschiedenen Arealen untergebracht sind, hat ein derartiger Verdacht zumindest eine gewisse Anfangsplausibilität. Die nähere Betrachtung der Wissenschaftspraxis hingegen führt immer wieder auf intrikate Formen der Wechselwirkung zwischen den verschiedenen Wissenskulturen. In diesem Beitrag soll jener Nexus zwischen Architektur, Technik, Kunstgeschichte und Buchdruck, Mathematik und Physik an einem interessanten biographischen Beispiel dargestellt werden. Die Kontextualisierung einer gewagten visuellen Analogie, welche dem Basler Mathematiklehrer Johann Jakob Balmer als heuristische Leitlinie zur Auffindung der Balmerformel gedient hat, wird uns nicht nur die herausragende Rolle von anschaulichem Denken in der stark visuell geprägten Kultur der Spektroskopie kurz vor 1900 vor Augen führen, sondern auch zeigen, wie verblüffend eng für Balmer seine Ausbildung in Architektur, sein lebenslang starkes Interesse an Kunstgeschichte und perspektivischem Zeichnen und andere kulturelle Aktivitäten mit seinem mathematisch-physikalischen Beitrag zur Entschlüsselung der Struktur des Wasserstoffspektrums zusammenhängen.

¹ Basel, Öffentliche Bibliothek (im folgenden abgekürzt BÖB), Nachlass 133, Mappen Nr. 19–20)



01

Oben: Ausschnitte aus Balmers architektonischem Entwurf von Basels oberer Rheinbrücke. Lithographierte Beilage zu einer Lokalzeitung mit Balmers Artikel: „Basels obere Rheinbrücke“ (aus BÖB, *Techn. Conv.* 28, no. 5, Orig.maßstab 1:1000).

Unten: Holzschnitt der im Bau befindlichen Brücke (1877) mit Klein-Basel im Hintergrund, aus Theodor Gsell-Fels: *Die Schweiz. Mit Holzschnitten nach Bildern & Zeichnungen* von A. Anker, A. Bachelin, J. Balmer ... München & Berlin: Bruckmann, 1876/77, Bd. 2, S. 390.



02

Portraitphotographie Balmers (BÖB, *Nachlass* 133, Nr. ~14,19).

gen Ufer des Rheins, verschiedene Kirchengebäude sowie preisgünstige, aber optimal durchdachte Arbeiterwohnungen, von denen etliche dann tatsächlich auch im Bachletten-Quartier und auf der Breite realisiert wurden. Eine Preisschrift von 1859 über die optimale Planung „guter und gesunder“ Wohnungen, ein gedruckter Vortrag über „Wohnungsübelstände“, gehalten vor der Generalversammlung des Basler Bauvereins am 14. September 1878 sowie eine den Arbeiterfamilien gewidmete Gesundheitsbroschüre zeugen von Balmers außerordentlichem sozialem Engagement. So war Balmer etwa jahrelang Mitglied im Grossen Rat der Stadt Basel, gehörte der Kirchensynode und dem Kirchenvorstand an, und war als Inspector der Mädchensekundarschule sowie als Armenpfleger tätig.

Auch durch sein Familienumfeld hatte Balmer intensive Verbindung zu visuellen Kulturen: einer seiner Brüder, Josef Balmer (1828–1918), war ein Historienmaler, ein anderer, Fritz, ein talentierter Zeichner. Balmers jüngster Sohn Wilhelm (1865–1922) wurde Zeichenlehrer, und einer seiner Enkel, Karl Dick, wurde Kunstmaler, während zwei andere Musiker wurden. Einer seiner Schwiegersöhne, Wilhelm Knapp, war Bildhauer, und auch heute noch ist das von ihm selbst entworfene Wohnhaus in der Alemannengasse im

Besitz eines Bildhauers (Lorenz Balmer und dessen Familie). Die Schwester der Frau Balmers, die Grenzacher Pfarrerstochter Pauline Rinck, war mit dem Basler Verleger Ferdinand Riehm verheiratet, der religiöse Traktate und kunsthandwerkliche Bücher veröffentlichte, zeitweise unter dem Verlagsnamen BALMER & RIEHM, und die Schwester des besten Freundes von Balmer, Pfarrer Oeri, war mit dem berühmten Basler Kunsthistoriker Jacob Burckhardt (1818–1897) verheiratet. Und in einem Nachruf in der Allgemeinen Schweizer Zeitung von 1898 heißt es: „Dr. Balmer war daneben auch ein trefflicher Kunstkenner. Es war eine Lust, ihm zuzuhören, wenn er z. B. ein Böcklinsches Bild bis in seine tiefsten Empfindungen analysierte.“ Balmers Lebenswelt war also intrikat verzahnt mit etlichen visuellen Kulturen von der Architektur über das Druckhandwerk bis zur Kunstgeschichte.

2. Balmer der Perspektive-Zeichenlehrer

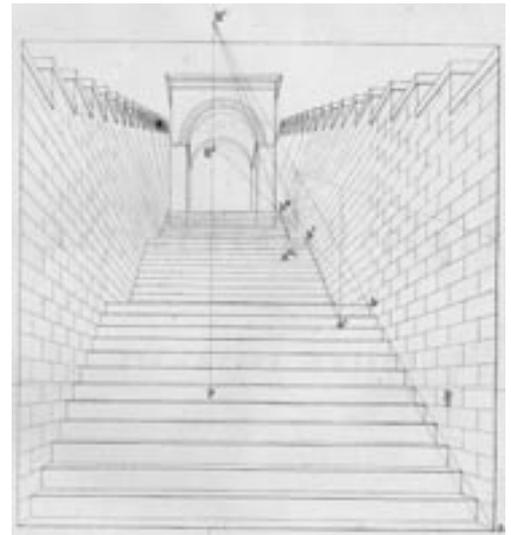
Als Nebenprodukt seines Hauptberufes als Mathematik- und Zeichen-Lehrer in den niedrigeren Klassen der Basler Bürgerschule publizierte Balmer 1887 ein Buch über perspektivisches Zeichnen, aus dem z. B. auch die folgende Abbildung (03) einer Freitreppe stammt.

Nimmt es Wunder, dass der Zeichenlehrer Balmer auch ein Phänomen wie die merkwürdig regelmäßig abnehmenden Abstände markanter Spektrallinien mit diesen perspektivischen Studien in Zusammenhang brachte? Der Mittelteil dieser Treppe, um 90 Grad gedreht, hat Ähnlichkeit mit dem Muster einer sich in den Relativabständen aufeinanderfolgender Linien stets verkürzenden Linienabfolge wie sie bereits Ende der 1870er Jahre im Spektrum des Sterns α Lyrae beobachtet worden war (04).

Der Amateur-Astronom William Huggins (1824–1910) hatte eine aus 12 Linien bestehende Abfolge von Spektrallinien im Spektrum von α Lyrae auf seine Gelatine-Trockenplatte bannen können, deren Regelmäßigkeit ihm bereits aufgefallen war. Doch drang er nicht zur gesetzmäßigen Beschreibung vor – zu diesem Zeitpunkt war man ja noch nicht einmal sicher, ob alle diese Linien wirklich einem Element zuzuordnen waren.

Vor Balmer hatten alle überhaupt an weitergehenden Deutungen Interessierten das Spektrum mit der Brille der Physiker betrachtet. Und Physiker waren (anders als Balmer, der ja nicht Physik, sondern Architektur und Mathematik studiert hatte) mit einer Analogie der Optik zur Akustik erzogen worden und hatten darum in diesen eigenartigen Serienspektren immer Obertonreihen zu erkennen geglaubt. Man sieht das bereits in der graphischen Abtragung der Daten von Huggins 1879 im Frequenz-proportionalen Plot der Oberton-Sucher, mit dem Grundton (d. h. der größten Wellenlänge) ganz links. Der Ire George Johnstone Stoney (1826–1911) hatte bereits 1871 aus den ersten vier schon von Anders Jonas Ångström 1866 aufgelisteten Wellenlängen λ der Wasserstofflinien H_α , H_β , H_γ und H_δ herauszulesen geglaubt, dass drei davon (nach Umrechnung in Vakuumwellenlängen) der 20., 27. und 32. Oberton eines selbst nicht wahrnehmbaren Grundtons von $131277,14 \text{ \AA}$ seien:

Doch so gut die numerische Übereinstimmung dieser drei Wellenlängen war: Stoneys Berechnung hatte mehrere Haken. Wieso paßte die Linie $H_\gamma = 4340 \text{ \AA}$ nicht ins Bild, und vor allem: wieso sollten gerade die 20., 27. und 32. Obertöne eines hypothetischen Grundtons, der seinerseits weit im unsichtbaren Infraroten läge, in der Natur realisiert sein? Auch wenn Stoney auf beide Fragen keine befriedigende Antwort zu geben wußte, erfreute sich die von ihm initiierte Suche nach solchen Obertonverhältnissen in den 1870er Jahren einiger Beliebtheit. Erst Arthur Schusters 1880 wahrscheinlichkeitstheoretisch geführter Nachweis, dass alle diese ver-



03

Balmers Zeichnung einer perspektivisch verkürzten Treppe. Durch die Absätze ist der Konvergenzpunkt der Linien auf der Höhe des Fluchtpunktes H_1 nicht ganz so leicht zu erkennen. Aus J.J. Balmer: *Die freie Perspektive: Einfache und leichte Einführung in das perspektivische Zeichnen fuer Künstler und Kunstfreunde, Kunst- und Gewerbeschüler, sowie zum Selbstunterricht*, Braunschweig: Vieweg, 1887, Tafel IX.



04

meintlich ganzzahligen Obertonverhältnisse mit zufälligen Zahlenverhältnissen zwischen den Wellenlängen erklärbar sind, wie sie bei beliebiger Wahl von Grundton und Obertonzahl allzu leicht gefunden werden können, führte zu einem Abklingen dieser Euphorie, ohne dass eine alternative Deutung in Sicht war.

Huggins Darstellung von zwölf Spektrallinien im Spektrum von α Lyrae. Aus William Huggins: „On photographic spectra of stars“, *Nature* 21 [1879], S. 269–270.

Huggins über twelve „very strong lines“, not only in „remarkable agreement“ in appearance, but also in their relative distances which decreased between any two adjacent lines with increasing refrangibility. „The group possesses a distinctly symmetrical character. The suggestion presents itself whether these lines are not intimately connected with each other, and present the spectrum of one substance.“

Vgl. auch William McGucken: *Nineteenth-Century Spectroscopy. Development of the Understanding of Spectra*, Baltimore: Johns Hopkins Univ. Press 1969, S. 118f. sowie Klaus Hentschel: *Mapping the Spectrum. Techniques of*

Visual Representation in Research and Teaching, Oxford Univ. Press 2002, S. 344ff. über Huggins' Daten und Stoneys Interpretation.

Wasserstoff-Linie (Fraunhofers Bez.)	Ångströms Wellenlängen λ	Stoneys Berechnung (umgerechnet in \AA)
H_α (= C)	6563,93	$(1/20) \times 131277,14 = 6563,86$
H_β (= F)	4862,11	$(1/27) \times 131277,14 = 4862,12$
H_δ (= h)	4102,37	$(1/32) \times 131277,14 = 4102,41$

T.01

3. Balmers Gestaltswitch

Balmer war der erste, der Spektren eben nicht als eine Obertonreihe ansah, die einer Fourier-Analyse bedurfte, sondern sie mit den Augen des darstellenden Geometers betrachtete. Während die Physiker seiner Zeit stets die Analogie zur Akustik in das Datenmaterial hineintrugen und

nen Infrarot auszugehen, schrieb Balmer Stoneys Numerik um und deutete alle ihm bis dato bekannten Wasserstofflinien als gebrochenzahlige Vielfache einer fundamentalen Länge von 3645,6 Å. Darauf könnte er gekommen sein, indem er die Stoneyschen Verhältniszahlen 1/20, 1/27 und 1/32 mit 36 als einer Art gemeinsamem Nenner multiplizierte:

Wasserstoff-Linie	Wellenlänge (Å in Luft)	Balmers Berechnung	$\lambda_B - \lambda_{\text{Å}}$
H $_{\alpha}$	6562,1	(36/20) x 3645,6 = 6562,08	0,02
H $_{\beta}$	4860,7	(36/27) x 3645,6 = 4860,8	0,1
H $_{\gamma}$	4340,1	(25/21) x 3645,6 = 4340	0,1
H $_{\delta}$	4101,2	(36/32) x 3645,6 = 4101,3	0,1

nach einer *niedrigsten Grundfrequenz* ν_0 mit Obertönen $n \cdot \nu_0$ suchten, erschien Balmer nichts natürlicher als eine asymptotische Konvergenz hin zur *kürzesten Wellenlänge* λ_0 , analog den perspektivischen Verkürzungen z. B. von Treppenstufen bei steigendem Abstand vom Betrachter (vgl. nochmals das Zentrum von (03)). In Übertragung von Ludwik Flecks Konzept eines „Denkzwangs“, der mit jedem Denkstil verbunden ist, könnte man hier geradezu von einem „Seh- oder Gestaltzwang“ reden: Balmer wird sich der ihm aufdrängenden Analogie jener sich verkürzenden Abstände zwischen den Serienlinien einerseits und den sich verkürzenden Abständen zwischen Treppenstufen, Bahnschwellen o. ä. kaum erwehrt haben können.

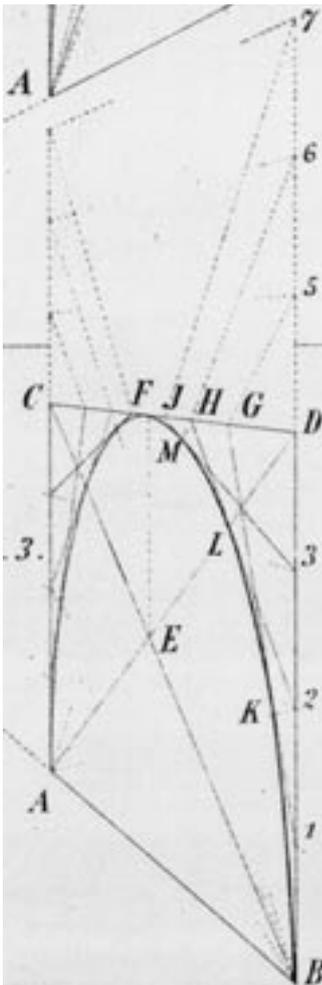
Wenn es sich um etwas zu *Längenverkürzungen* analoges handelt, dann sollte – so muß Balmer weitergeschlossen haben – eine (Wellen-) *Längen* zugrundeliegende Darstellungsform benutzt werden, also ein „normales Spektrum“, und *nicht*, wie von den Oberton-besessenen Physikern bislang präferiert, eine *Frequenz*-proportionale Darstellung. Beide sind zwar physikalisch vollkommen äquivalent, aber eben nicht heuristisch. Balmer war durch seinen kulturell andersgearteten Erwartungshorizont befähigt, ein Muster zu erkennen, das eine ganze Generation von Forschern vor ihm *so nicht* gesehen hatte und wegen der ihr antrainierten optisch-akustischen Analogie wohl auch nicht hatte sehen *können*. Anstatt also wie Stoney von einer Grundfrequenz hoffnungslos jenseits aller damaliger Beobachtungsmöglichkeiten im fer-

Auch die von Stoney nicht interpretierbare Linie H $_{\gamma}$ paßte in dieses Schema, und (wie die letzte Spalte der vorstehenden Tabelle zeigt) die Differenz der Ångströmschen Originalwerte (nicht wie bei Stoney umgerechnet in Vakuumwellenlängen!) zu dem aus diesem algebraischen Ansatz folgenden Werten betrug nirgends mehr als 0,1 Å, d.h. weniger als 1/40000 der Wellenlänge, damals noch innerhalb der Fehlergrenzen für diese vor 1880 erfolgte experimentelle Bestimmung². Die Abfolge der vier gebrochenzahligen Faktoren schien zunächst unverständlich, zeigte aber nach Kürzung um gemeinsame Faktoren und Erweiterung des zweiten und vierten Koeffizienten um 4/4 ein algebraisierbares Muster: 9/5, 16/12, 25/21 und 36/32 bzw. verallgemeinert (1):

$$m^2 / (m^2 - 4), \text{ wobei } m = 3, 4, 5 \text{ und } 6.$$

Spätestens an diesem Punkt brach Balmer die numerisch-algebraische Suchstrategie ab und ging vollends zu einer geometrischen Rekonzeptualisierung des Problems über. Jetzt kam immer stärker der Geometer und Perspektive-Zeichenlehrer in ihm durch. Weiteres Nachdenken über perspektivische Verkürzungen wie in (03) zeigten ihm, weshalb diese erste spontane Analogiebildung noch nicht zum Ziel führte, denn unabhängig von der gewählten Neigung der Treppe konvergiert die Abfolge der verschiedenen Treppenstufenkanten zu langsam im Vergleich mit den Beobachtungen an Wasserstoffspektren (04). Dennoch stecken in dieser ersten simplen Analogiebildung bereits entscheidende heuristische Weichenstel-

² Erst mit den 1882 entwickelten Rowlandschen Konkavgittern erfolgte ein Sprung in der maximal erreichbaren Messgenauigkeit auf $\pm 0,01$ Å: siehe dazu Klaus Hentschel: „The discovery of the redshift of solar Fraunhofer lines by Rowland and Jewell in Baltimore around 1890“, *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 23,2 [1993], S. 219–277.



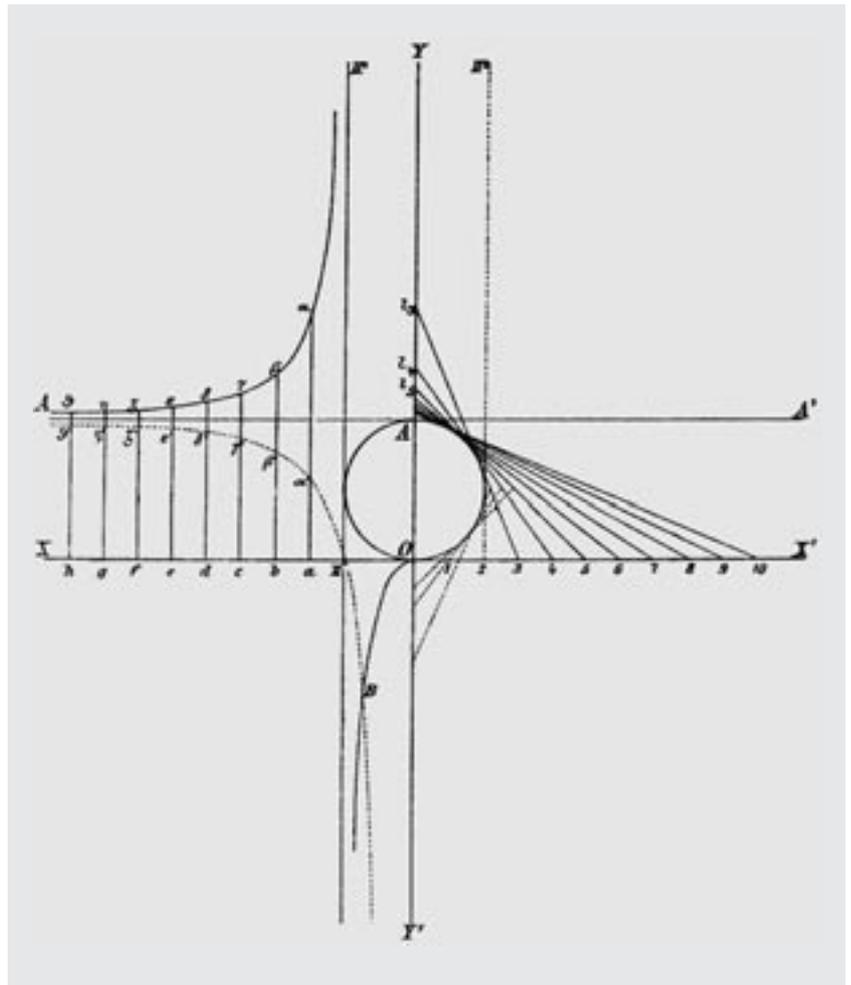
05

Balmers Tangentenmethode zur Konstruktion perspektivisch verkürzter Halbkreise AMKB. ACDB ist das einschreibende verkürzte Rechteck. Aus Balmer (1884) Tafel III,3

lungen, die Balmer bei seiner weiteren Suche geleitet haben, denn er mußte nur eine gekrümmte Oberfläche des perspektivisch verkürzten Körpers annehmen, um raschere Konvergenz zu bekommen.

4. Die zielführende visuelle Analogie

Eine besser konvergierende perspektivische Verkürzung fand Balmer bei Betrachten der scheinbaren Breite von runden Säulen, beginnend bei sehr geringen, dann in gleichmäßigen Intervallen größerwerdenden Abständen. Pate stand ihm dabei ein Aufsatz über Kreisperspektive, den Balmer just 1884 im Schulprogramm seiner Töchterschule Buergin publiziert hatte. Dieser Aufsatz enthält ausführliche Kommentare und Anweisungen zur geometrischen



06

Konstruktion perspektivisch verkürzter Kreise, wie sie der Pariser Architekt Jean Thomas Thibault (1757–1826) angegeben hatte und wie sie in der Architektur eben insbesondere bei Säulen ständig vorkamen.³ Thibaults Methode basierte auf der Idee, den zu konstruierenden Kreis in ein Quadrat eingeschrieben zu denken. Durch gezielte Aufsuchung pythagoräischer Dreiecke, deren Seitenlängen die Verhältnisse 3:4:5 haben, konstruiert Thibault jeweils einen weiteren Punkt des verkürzten Kreises. In seiner Schrift von 1884 entwickelte Balmer eine Alternative zu diesem korrekten, aber etwas mühsamen Verfahren: die sogenannte Tangentenmethode, mit der im Prinzip eine beliebig große Zahl von Tangenten an den verkürzten Kreis AMKB konstruiert werden können. Die vertikale Tangente an den Kreis durch B wird in vier gleiche Teile (B–1, 1–2, 2–3, und 3–D) geteilt und um drei weitere gleichlange Einheiten nach oben hin verlängert. Die Punkte 4, 5 und 7 werden durch gerade Linien mit dem Punkt A verbunden, wo-

Balmers geometrische Deutung der Serienlinien; aus J. J. Balmer: „A new formula for the wave-lengths of spectral lines“, *Astrophysical Journal* 5 [1897], S. 199–209 und Tafel VIII.

³ Siehe J. T. Thibault *Application de la perspective linéaire aux arts du dessin*, Paris: Renouard 1827 (postume Ausgabe von Thibaults Schüler N. Chapuis), Kap. 6–7, und T. 21–7, sowie Balmer „Zur Perspektive des Kreises“, in *Schulprogramm der Töchterschule Buergin*, Basel, 1884, S. 1–11 und Tafel I–IV.

durch man die Schnittpunkte G , H und J mit der Linie CD erhält. Dann sind die Linien, die 1 mit $\frac{1}{4}$, 2 mit H und 3 mit J verbinden, alle tangential an den gesuchten Halbkreis, den sie in den Punkten K , L und M berühren.

Was dieses geschickte perspektivische Verfahren mit der Balmerschen Formel zu tun hat, sieht man am einfachsten anhand (06); Balmer selbst hat diese Abbildung 1897 in einem wenig bekannten englischen Aufsatz im *ASTROPHYSICAL JOURNAL* zur Erläuterung der geometrischen Bedeutung seiner Formel publiziert.

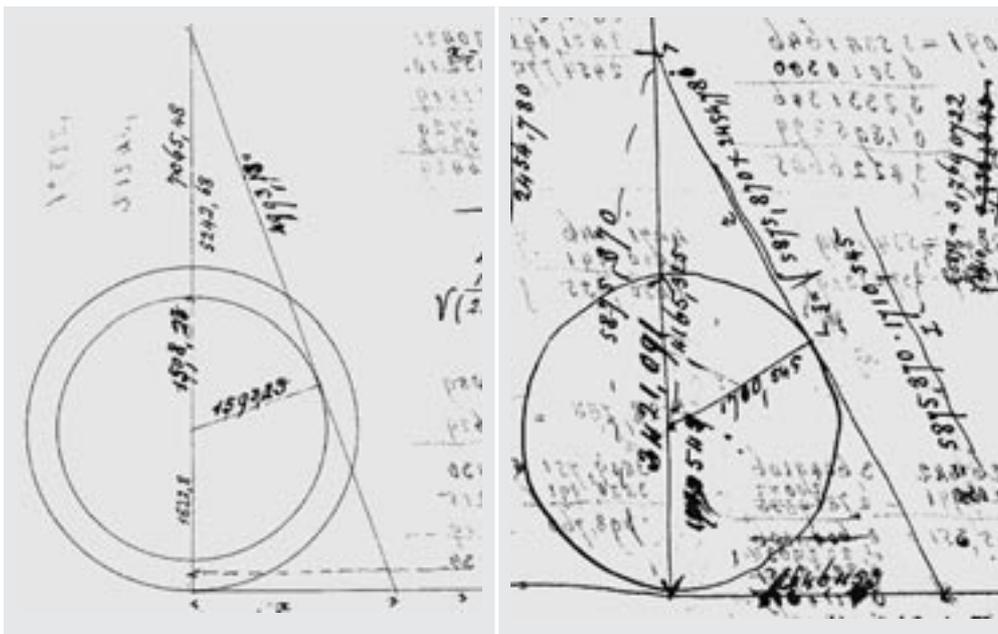
Wie breit erscheint eine Säule (mit Radius zweier Längeneinheiten) einem Beobachter, der sich entlang der X-Achse tangential zur Säule von ihr in Längeneinheitschritten wegbewegt? Wenn wir als Projektionsfläche die Ebene YY' wählen, hat diese Frage eine geometrisch einfach Ant-

X- und Y-Achse). Diese Abfolge scheinbarer Durchmesser der Säule auf der Projektionsebene YY' „entspricht“ in dieser Betrachtungsweise den kleiner werdenden Wellenlängen λ_i der Wasserstoffserie (die links nochmal abgetragen sind). Aus dieser Konstruktion wird sofort verständlich, wieso diese Abfolge nicht kleiner werden kann als der tatsächliche Durchmesser der Säule AO , der somit der Grenzwellenlänge λ_0 gleichkommt. Soweit die geometrische Idee; was noch folgt ist die numerische Prüfung und Setzung des Radius dieser Säule als $n = 2$ Längeneinheiten. Begänne man mit der einfachsten Annahme einer Längeneinheit, so würde am Ende nur jede zweite Wasserstofflinie erfaßt, deshalb war die Annahme von zwei Längeneinheiten heuristisch gesehen die dann nächstliegende. Zwei erst vom Autor dieses Beitrags 2002 veröffentlichte lose Blätter in einer

von Balmer selbst angelegten Sammlung seiner Unterlagen über die „Spektrallinien des Wasserstoffs“ zeigen die letzte Stufe dieser Anpassung seines mentalen Modells an die Numerik der Daten.

(07) links zeigt, wie Balmer noch mit der Zählung der Einheiten entlang der x-Achse sowie mit der genauen Platzierung der Projektionslinie bzw. dem Radius der Säule experimentiert: der größere der beiden hat bereits den Wert 1823,8, d. h. $\lambda_0/2 = 3645,6 \text{ \AA}/2$, während der Durchmesser des Kreises in (07) rechts auf 3421,091 Å angesetzt ist, mithin 24,5 Å kleiner als der 1885 von Balmer dann publizierte Wert von λ_0 .

Die in der endgültigen Fassung durch Zunahme des Beobachter-Abstands vom Punkt 0 in ganzzahligen Vielfachen m dieser Längeneinheit resultierende Streckenabfolge bildete nun im Rahmen der damaligen Meßgenauigkeit erstaunlich genau die Strecken- (= Wellenlängen-) Verhältnisse ab, die für die ersten Linien der Wasserstoffserie Balmer bis dato bekannt geworden waren. Aus elementarer Geometrie resultiert für das Verhältnis des scheinbaren Säulendurchmessers l_m zum Grenzwert des tatsächlichen Durchmessers l_∞ die bekannte Balmerformel (2):



Zwei Zeichnungen auf einem größeren losen Blatt aus dem Balmer-Nachlaß, BÖB, Mappe 12, ca. 1884.

wort: Die Abfolge der Strecken l_3, l_4, l_5 usw., die Balmer links in (06) nochmals abträgt. Betrachten wir einen Beobachter, der sich von einer Säule mit Durchmesser AO entlang der X-Achse wegbewegt, die zu dieser Säule tangential liegt. Dann wird die scheinbare Breite der Säule, gemessen durch die Strecke zwischen den Schnittpunkten der beiden tangentialen Geraden durch die Y-Achse, um so kleiner werden, je weiter sich der Beobachter wegbewegt hat. Es ergibt sich also eine kleiner werdende Abfolge von Intervallen l_3, l_4, l_5 (gemessen jeweils vom Schnittpunkt 0 der

$\lambda_m/\lambda_\infty = m^2 / (m^2 - n^2)$, mit $n = 2$ und $m \geq 3$.

Im oberen linken Quadranten von (06) konstruierte Balmer dann noch aus den resultierenden Wellenlängen α, β, γ deren zur Frequenz ν proportionale Inverse α', β', γ' , die natürlich ansteigen, wenn erste fallen, da $\nu = c/\lambda$ Frequenz und Wellenlänge einander umgekehrt proportional sind. Der minimalen Wellenlänge λ_0 entspricht die Grenzfrequenz ν_∞ .

5. Balmers visionäre Extrapolation

Weil die Formel (2) für die wenigen ihm zunächst bekannten Wasserstoff-Linien so ausgezeichnet funktionierte, erwog Balmer 1885 übrigens sogar schon, ob der Parameter n , (geometrisch interpretiert als der Radius der Säule) nicht eigentlich auch andere ganzzahlige Werte annehmen könne:⁴

„Von Wasserstofflinien, welche der Formel für $n = 3, 4$, etc. entsprächen, und welche man als Linien dritter, vierter Ordnung u.s.w. bezeichnen könnte, finden sich in den bis jetzt bekannt gewordenen Spektren keine vor; sie müssten sich etwa unter ganz neuen Temperatur- und Druckverhältnissen entwickeln, um wahrnehmbar zu werden.“

Die Tabelle in (08) aus seinem Nachlaß zeigt seine Vorausberechnung weiterer Spektrallinien für verschiedene Werte von n und m .

Das heißt: schon 1885 hatte Balmer gestützt auf sein geometrisch-perspektivisches Verfahren die Möglichkeit weiterer Spektralserien des Wasserstoffs ins Auge gefaßt (wie sie später dann von Paschen, Lyman und Brackett entdeckt wurden)! Nur mangels

The image shows a handwritten table titled 'Wasserstofflinien' (Hydrogen lines) with columns for different orders (I. Ordnung, II. Ordnung, III. Ordnung, IV. Ordnung, V. Ordnung, VI. Ordnung, VII. Ordnung, VIII. Ordnung). The rows list various spectral lines (H-alpha, H-beta, H-gamma, H-delta, H-epsilon, H-zeta, H-eta, H-theta, H-iota, H-kappa, H-lambda, H-mu, H-nu, H-xi, H-omicron, H-pi, H-rho, H-sigma, H-tau, H-psi, H-omega) and their corresponding wave lengths in Angstroms. The calculations are based on Balmer's formula. The table is filled with numerical values and some handwritten notes.

empirischer Daten in diesen damals noch unzugänglichen Wellenlängenbereichen stellte er diesen Gedanken zurück und konzentrierte sich auf die Variation von m bei Festhalten von $n = 2$, was auf eine theoretische Seriengrenze $\lambda_\infty = h$ im Ultravioletten führte: $\lambda_m = h m^2 / (m^2 - 4)$. Wie schon oben in (T.02) gezeigt, passte diese Formel für Werte von $m = 3$ bis 6 zu Ångströms (Luft-)Wellenlängen für H_α bis H_δ , wenn er für $h = 3,645,6 \text{ \AA}$ einsetzte. Für höhere Werte von m kam Balmer zu Wellenlängenvoraussagen λ_m , von denen der mit Balmer befreundete Basler Physi-

Balmers Vorausberechnung der Wellenlängen weiterer Spektrallinien des Wasserstoffs aus Formel (2) in verschiedenen Ordnungen (8 Spalten für die 1.–8. Ordnung), aus BÖB, Nachlass 133, Mappe 12

⁴ Siehe Balmer: „Notiz über die Spektrallinien des Wasserstoffs“, Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel 1885, S. 548–560, 750–752; bzw. abgedruckt auch in den Annalen der Physik, 3. Serie. 25 (1886), S. 80–87, dort insb. S. 84.

ker Jacob Eduard Hagenbach-Bischoff (1833–1910) nach Rückfrage bestätigen konnte, dass ganz ähnliche Werte von Experimentatoren bereits gemessen worden waren.

Der Photochemiker Hermann Wilhelm Vogel (1834–1898) hatte ganz ähnliche Serien im ultravioletten Teil von Wasserstoffspektren nachgewiesen, die in Geissler-Röhren zum Leuchten gebracht worden waren. Um sicherzustellen, dass es sich hierbei wirklich nur um Wasserstoff handeln konnte, hatte er den Wasserstoff in der damals reinsten elektrolytisch erzeugten Form in die Röhren einfüllen lassen und sorgsam darauf geachtet, jedwede Kontamination mit anderen Materialien zu vermeiden. Der Vergleich mit Vogels Messwerten für die ersten vier neuen Linien ergab eine Übereinstimmung von $\pm 0,5 \text{ \AA}$, und keine der Linien wich mehr als 1 \AA von Balmers Tabellen ab; Huggins Sternspektren enthielten noch 6 weitere Linien, da Huggins mit einem Quarzprisma gearbeitet hatte und nicht mit einem im UV stark absorbierenden Flint-Glas-Prisma wie Vogel. Auch hierbei blieben die Abweichungen zwischen experimentellen Messungen und den „Voraussagen“ Balmers aufgrund der noch sehr spekulativen Formel (2) unterhalb von $3,9 \text{ \AA}$. Nachdem Huggins' sehr ungenaue Wellenlängenschätzungen 1886 durch Alfred Cornu präzisiert worden waren, verbesserte sich die quantitative Übereinstimmung der ersten 13 Balmerlinien mit seinen Voraussagen sogar noch auf eine Fehlerbreite unter $\pm 0,6 \text{ \AA}$. Durch weitere Messungen erhöhte sich die Zahl dieser „Balmerlinien“ im Wasserstoffspektrum bald auf über 30, bei weiter sinkender Diskrepanz zwischen Theorie und Experiment auf $\pm 0,02 \text{ \AA}$ und darunter.

Wohlgemerkt, ich behaupte nicht, dass durch diese visuelle Analogie das „Rätsel der Wasserstoffserie“ (wie Balmer es nannte) bereits physikalisch verstanden war; dazu bedurfte es bekanntlich eines Ernest Rutherford und eines Niels Bohr sowie noch dreier Jahrzehnte weiterer physikalischer Forschung. Aber es sollte klar geworden sein, welche große Bedeutung ein in der Phänomenologie behaftetes „anschauliches Denken“ in der Spektroskopie des 19. Jahrhunderts gehabt hat. Oder, wie Balmer 1897 formulierte: „the final

impression, which our mind involuntarily receives in contemplating these fundamental relations is that of a wonderful mechanism of nature, the functions of which are performed with never-failing certainty, though the mind can follow them only with difficulty and with a humiliating sense of the incompleteness of its perception“.

6. Anschauliches Denken

Das Beispiel der Auffindung der Balmerformel des Wasserstoffspektrums ist kein Einzelfall. Auch Balmers Zeitgenosse Janne Rydberg (1854–1919), der analoge Serienformeln für die Serienspektren von Alkali- und Erdalkalimetallen fand, basierte auf visuell-geometrischen Suchstrategien (in seinem Fall der Aufzeichnung der Wellenlängenverhältnisse auf Millimeterpapier) mit nachfolgender geometrischer Suche nach Fitfunktionen. Wie ich andernorts ausführlicher gezeigt habe⁵, waren vor 1900 ganz allgemein diejenigen Forscher erfolgreicher, die sich bei dieser Mustersuche *graphischer* Methoden bedienten (darunter z. B. Balmer und Rydberg), während stark algebraisch-numerisch angelegte Suchstrategien (wie z. B. bei Heinrich Kayser und Carl Runge) kaum erfolgreich ausfielen. Dazu bieten sich auch Parallelen außerhalb des hier betrachteten Feldes der Spektroskopie an: Arthur Ian Miller hat in seinem Buch über *Imagery and Creativity in Science and Art* (1996) u. a. anhand von Bohr, Einstein, Heisenberg, Maxwell, Fermi, Salam und Weinberg gezeigt, dass alle diese Wissenschaftler „strongly prefer the visual mode of thought in their research“ (S. 281).

Was sich in diesen Arbeiten äußert, ist etwas, was wir in Rückgriff auf Rudolf Arnheims bahnbrechendes Buch von 1969 „anschauliches Denken“ nennen sollten. Denn außer dem diskursiven, von Worten, Sätzen und Argumenten getragenen Schließen, wie wir es normalerweise mit „Denken“ gleichsetzen, gibt es sehr wohl auch andere, nichtverbale Formen des Erschließens von Zusammenhängen und Findens von Neuem. Neben dieser einen Form anschaulichen Denkens, der **Mustersuche** in Serien- und Bandenspektren, die wir hier an einem Beispiel näher betrachtet haben, lassen sich mindestens folgende **Grundtypen** unterscheiden:

⁵ Siehe Klaus Hentschel: *Mapping the Spectrum. Techniques of Visual Representation in Research and Teaching*, Oxford Univ. Press 2002, insb. Kap. 8.

DER AUTOR

KLAUS HENTSCHEL

studierte in Hamburg Physik (mit einem Diplom in theoretischer Hochenergiephysik) und Philosophie (mit einem Magister zur Korrespondenz von Einstein und Schlick), wurde dann mit einer Studie zu Fehlinterpretationen der Relativitätstheorie Einsteins in Geschichte der Naturwissenschaften promoviert und habilitierte sich mit einer Monographie zum Wechselspiel von wissenschaftlichem Instrumentenbau, Experimentierpraxis und Theoriebildung in der Spektroskopie und Astrophysik. Seit 2006 leitet er die Abteilung für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik der Universität Stuttgart. Im Sommersemester 2009 wird er eine Vorlesungsreihe über die Geschichte visueller Wissenschafts- und Technikkulturen mit Begleitseminar zur Geschichte der Photographie sowie ihrer wissenschaftlichen und technischen Anwendung anbieten.

Kontakt

Universität Stuttgart, Abteilung für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik

Heilbronner Str. 7, 70174 Stuttgart

Tel. 0711| 685-82312, Fax 0711| 685-82767

E-Mail: klaus.hentschel@po.hi.uni-stuttgart.de, Internet: www.uni-stuttgart.de/hi/qnt/hentschel



- **visuelle Analogien** (Balmers Analogie des Wasserstoffspektrums zu perspektivischer Verkürzung sowie z.B. auch die in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts beliebte Suche nach Homologien zwischen Spektren; außerhalb der Spektroskopie u. a. William Harveys Deutung des Herzens als Pumpe, J.A. Roebblings Übertragung der Haltevorrichtungen von Schiffsmasten auf die Konstruktion von Hängebrücken wie etwa der Brooklyn Bridge von 1884, Edisons oder Sperrys Analogien zwischen verschiedenen technischen Apparaten, sowie Leonardos Strukturvergleiche von Wasserwirbeln und Haarzöpfen, Rückenmuskulatur und Schiffsmasten, Adern und Treppenaufgängen, etc.),
 - **räumliches Denken** (z. B. van't Hoff's Visualisierung der Valenzen eines Kohlenstoffatoms als Seitenkanten eines Tetraeders oder Kekulé's Traumbild eines Kohlenstoffrings),
 - analytische **Zerlegung** komplexer Sinneseindrücke in einfache, „gute“ Gestalten (Alexander Herschels Deutung der CO-Bande als zweier superponierter Serien sowie z. B. Leonardos Explosionszeichnungen),
 - kinematographische **Abfolge** (Feddersens Photographie von Funkenspektren mithilfe rotierender Spiegel, Muybridges Serienphotographien der Bewegungsabläufe von Tieren und Menschen oder Bjerkes Diagramme zur Entwicklung von Wetterfronten),
 - **Ergänzen des Unvollständigen** (beim perspektivischen Sehen etwa das automatische Ergänzen teilweise verdeckter Teile, beim Ingenieurentwurf das Einsetzen fehlender Maschinenelemente, etc.),
 - **Typisierung** (z. B. Abgrenzung verschiedener spektraler Sternklassen oder chemisch charakteristischer Spektren), sowie
 - **Schematisierung** von Prozessen (prismatische Aufspaltung, Minkowski-Diagramme, Feynman-Diagramme oder Flußdiagramme der Informatiker).
- Viele dieser Visualisierungsstrategien (sowie etliche weitere, erst später auftretende) finden sich auch heute noch in der Arbeitspraxis von Naturwissenschaftlern und Technikern wieder. Wie das Beispiel Balmer uns gezeigt hat, steht ihr spezifischer Einsatz oft in engem Zusammenhang zu der Lebenswelt und der Ausbildung der Akteure. Schon darum ist es für die spätere historische Rekonstruktion der individuellen Ausprägung des Gestaltsehens wichtiger Akteure unabdinglich, nicht nur den wissenschaftlichen Teil eines Nachlasses aufzuheben, sondern auch vermeintlich nebensächliche Aktivitäten wie Hobbys (Photographie, Zeichnen, Modellbau ...) mit zu dokumentieren.⁶ Allgemeine Kultur einerseits und Naturwissenschaft und Technik andererseits sind eben doch viel enger miteinander verbunden als P.C. Snows Doktrin von den zwei oder drei Kulturen uns glauben machen läßt. •

Klaus Hentschel

⁶ Nähere Empfehlungen zur rechtzeitigen Sicherung von historisch wertvollem Quellenmaterial findet man in Klaus Hentschel: „Bitte nicht wegwerfen!“, *Physik-Journal* Märzheft 2008, S. 3.