



# Blick in die Wissenschaft 32

Forschungsmagazin der Universität Regensburg

## „Sie erträgt den Himmel nicht“

Zeitgenössische Kontexte literarischer Texte über  
Ballonfahrten

## Die Farbe unseres Gedächtnisses

Wie die Farbe von Objekten unser Erinnerungs-  
vermögen beeinflusst

## Physik als Weg der Weltbegegnung

Grammatik des Lehrens und Lernens

## Heißes Herz und kalte Noten

Carl Philipp Emanuel Bach zwischen Ekstase und  
Musikphilologie

## Der Kampf des Gehirns gegen eindringende Krebszellen

Die organspezifische Abwehr?

## Über Menschliches und Übermenschliches

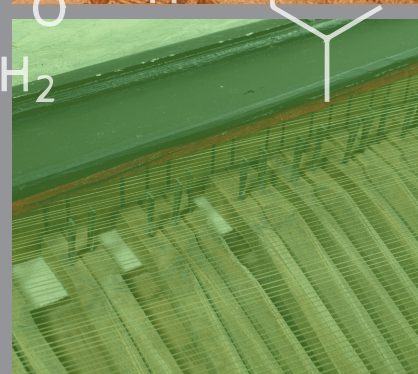
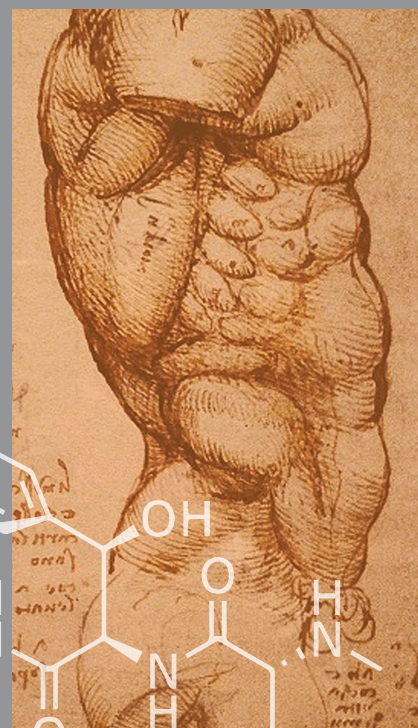
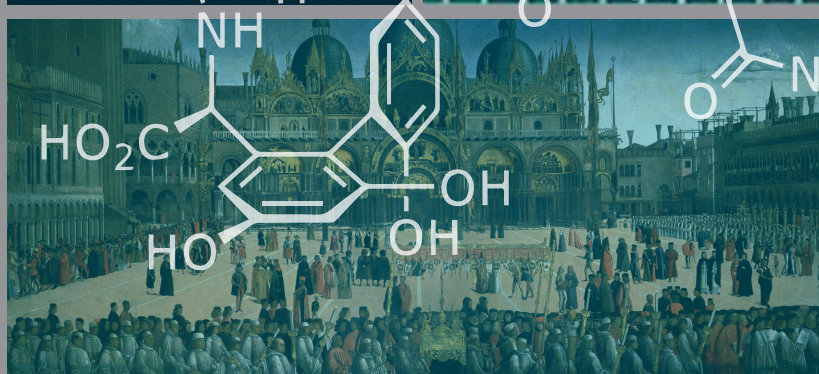
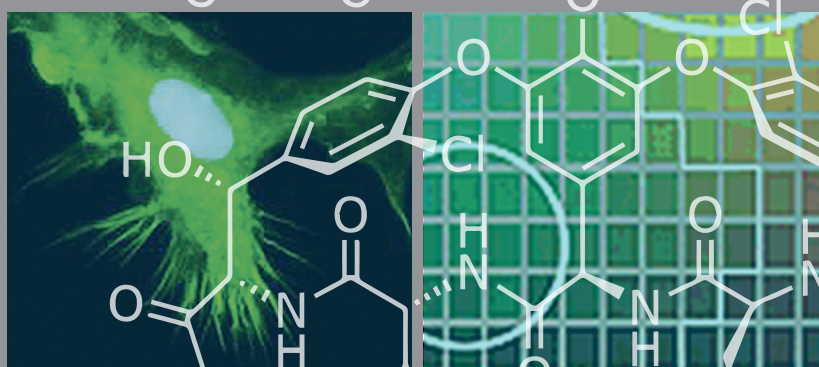
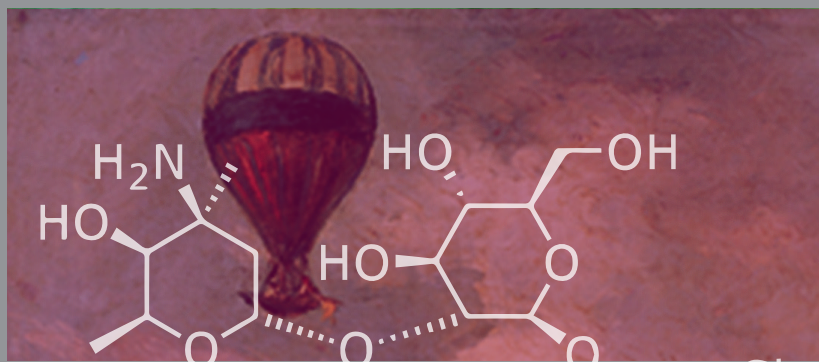
Zum *anthropological turn* der Philosophie

## Die Stadt als Bühne

Einzüge, Umzüge und religiöse Prozessionen  
in der mittelalterlichen Stadt

## „Make it stick“

Kovalente Inhibitoren in der Medizinforschung



# BioPark Regensburg



## ERFOLGREICHES INNOVATIONSZENTRUM AN DER DONAU



### *Gesundheitsbranche in Regensburg*

- 1,4 Mrd. Euro Umsatz
- 15.500 Beschäftigte

### *Cluster BioRegio Regensburg*

- 48 Firmen (Lebenswissenschaften)
- 3.683 Beschäftigte

### *BioPark Regensburg*

- 36 Mieter
- 600 Beschäftigte
- auf 18.000 m<sup>2</sup> hochwertige Büros & Labore (S1&S2)
- flexible Mieteinheiten & Einzelbüros
- umfangreiche Technik & Service vor Ort
- persönliche Beratung und Atmosphäre
- unmittelbarer Autobahnanschluss
- direkt auf dem Uni-Campus (Infrastruktur)
- eigene Kindertagesstätte
- über 40 Firmengründungen seit 1999
- Hörsaal & Konferenzräume auch für Externe
- kurze Wege zu den wichtigsten Netzwerken
- aktives Standortmarketing

Mitglied von

CLUSTER  
BIOTECHNOLOGIE  
BAYERN



Ein Unternehmen der Stadt Regensburg

**BIO****PARK**  
REGENSBURG GMBH

**Blick in die Wissenschaft**  
**Forschungsmagazin**  
**der Universität Regensburg**  
 ISSN 0942-928-X, Heft 32/24. Jahrgang

#### Herausgeber

Prof. Dr. Udo Hebel  
 Präsident der Universität Regensburg

#### Redaktionsbeirat

Prof. Dr. med. Reinhard Andreesen  
 Prof. Dr. rer. pol. Susanne Leist  
 Prof. Dr. rer. nat. Christoph Meinel  
 Prof. Dr. phil. Ursula Regener  
 Prof. Dr. rer. nat. Klaus Richter  
 Prof. Dr. phil. Hans Rott

Universität Regensburg, 93040 Regensburg  
 Telefon (09 41) 9 43-23 00  
 Telefax (09 41) 9 43-33 10

#### Verlag

Universitätsverlag Regensburg GmbH  
 Leibnizstraße 13, 93055 Regensburg  
 Telefon (09 41) 7 87 85-0  
 Telefax (09 41) 7 87 85-16  
 info@univerlag-regensburg.de  
 www.univerlag-regensburg.de  
 Geschäftsführer: Dr. Albrecht Weiland

#### Abonnementservice

Bastian Graf  
 b.graf@univerlag-regensburg.de

#### Anzeigenleitung

Niclas Martens  
 info@univerlag-regensburg.de

#### Herstellung

Universitätsverlag Regensburg GmbH  
 info@univerlag-regensburg.de

#### Einzelpreis € 7,00

#### Jahresabonnement

bei zwei Ausgaben pro Jahr

**€ 10,00 / ermäßigt € 9,00**

für Schüler, Studenten und Akademiker  
 im Vorbereitungsdienst (inkl. 7% MwSt)  
 zzgl. Versandkostenpauschale € 1,64 je  
 Ausgabe. Bestellung beim Verlag

Für Mitglieder des **Vereins der Ehemaligen Studierenden der Universität Regensburg e.V.** und des **Vereins der Freunde der Universität Regensburg e.V.** ist der Bezug des Forschungsmagazins im Mitgliedsbeitrag enthalten.

In dem zentralen Handlungsfeld der Forschungsförderung verfolgt die Universität Regensburg gegenwärtig vor allem drei strategische Ziele: Stärkung der SFB-Felder und Weiterentwicklung der interdisziplinären Netzwerke, Etablierung außeruniversitärer Forschungseinrichtungen sowie Nachwuchsförderung. Um die Forschungsaktivitäten der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in diesem Sinne zu unterstützen und die nötigen Freiräume zu schaffen, hat die Universität Regensburg in den vergangenen Semestern mehrere neue Programme aufgelegt.

Das neu geschaffene und bayernweit einzigartige Academic Research Sabbatical-Programm (ARSP) verbessert die Arbeitsbedingungen von Nachwuchswissenschaftler/innen auf Stellen als Akademische Rätinnen bzw. Akademische Räte auf Zeit durch die Freistellung von Lehr- und Verwaltungsaufgaben. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Erhöhung der Berufungschancen, die internationale Vernetzung, die Drittmittelbeantragung sowie die Förderung von Frauen in der Wissenschaft gerichtet.

Da der Freiraum für Forschung zunehmend eine wertvolle Ressource geworden ist, hat die Universitätsleitung auch bei der Neugestaltung des Verfahrens zur Deputatsermäßigung für Professoren/innen Forschungsaktivitäten und Antragsvorhaben besondere Bedeutung beigemessen.

Für Professorinnen und Professoren, die bereits auf eine erfolgreiche wissenschaftliche Karriere zurückblicken und weiterhin ihre Forschungsprojekte an der Universität Regensburg verfolgen möchten, wurde das Programm „Emeriti Research Fund“ (ERF) aufgelegt. Es richtet sich an Professoren/innen, die seit 2012 in Ruhestand getreten sind bzw. bis 2018 aus dem Dienst ausscheiden. Die Universitätsleitung kommt mit diesem Programm dem zunehmenden Bedürfnis nach Unterstützung von Forschungsarbeiten auch am Übergang in den Ruhestand nach.

Neben diesen Programmen steht die infrastrukturelle Unterstützung durch Information und Beratung in Zukunft noch mehr im Mittelpunkt. Die Universitätsleitung hat in Kooperation mit der Frauenbeauftragten der Universität eine neue Vortragsreihe initiiert, die über Fördermöglichkeiten, Antragsmodalitäten, Projektmanagement und Vernetzungsoptionen informiert. Zur Umsetzung dieser und anderer forschungsfördernder Initiativen wurde zudem eine zusätzliche EU-Refere-



© Referat Kommunikation UR

rentenstelle eingerichtet, die insbesondere Aktivitäten zu Horizon 2020 in den Fokus nimmt.

Für die zukunftsorientierte Entwicklung der Universität Regensburg, gerade auch im Hinblick auf die Fortführung der Exzellenzinitiative, ist es besonders wichtig, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen vor Ort anzusiedeln. Die Universitätsleitung strebt in diesem Zuge mit voller Kraft an, das Institut für Ost- und Südosteuropaforschung (IOS) und das Regensburger Centrum für Interventionelle Immunologie (RCI) in Institute der Leibniz-Gemeinschaft zu überführen.

Diese nach innen gerichteten strategischen Bestrebungen werden ergänzt um die Außendarstellung von Wissenschaft und Forschung in der Öffentlichkeit. Um die Forschungsleistungen und -erfolge der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen unserer Universität noch transparenter zu machen und den Transfer in die außeruniversitäre Öffentlichkeit zu intensivieren, erfolgt die Berichterstattung auf der neu gestalteten Webseite der Universität verstärkt forschungsorientiert und bildbasiert. Dieses Ziel verfolgt auch das Forschungsmagazin Blick in die Wissenschaft, das die Universität Regensburg in ihrer wissenschaftlichen Vielfalt, Lebendigkeit und Leistungsfähigkeit abbildet. In diesem Sinne wünsche ich Ihnen eine spannende und anregende Lektüre.

**Präsident der Universität Regensburg**  
**Prof. Dr. Udo Hebel**

# Inhalt

## Literaturwissenschaften



### „Sie erträgt den Himmel nicht“

Zeitgenössische Kontexte literarischer Texte über Ballonfahrten  
*Ursula Regener*

3

## Psychologie

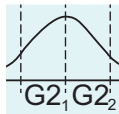


### Die Farbe unseres Gedächtnisses

Wie die Farbe von Objekten unser Erinnerungsvermögen beeinflusst  
*Christof Kuhbandner*

11

## Physik



### Physik als Weg der Weltbegegnung

Grammatik des Lehrens und Lernens  
*Karsten Rincke, Christian Maurer*

16

## Musikwissenschaft

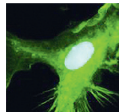


### Heißes Herz und kalte Noten

Carl Philipp Emanuel Bach zwischen Ekstase und Musikphilologie  
*Wolfgang Horn*

23

## Medizin



### Der Kampf des Gehirns gegen eindringende Krebszellen

Die organspezifische Abwehr?  
*Tobias Pukrop*

28

## Philosophie



### Über Menschliches und Übermenschliches

Zum *anthropological turn* der Philosophie  
*Elif Özmen*

32

## Geschichtswissenschaften

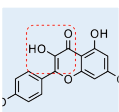


### Die Stadt als Bühne

Einzüge, Umzüge und religiöse Prozessionen in der mittelalterlichen Stadt  
*Sabine Reichert*

38

## Chemie und Pharmazie



### „Make it stick“

Kovalente Inhibitoren in der Medizinforschung  
*Sabine Amslinger*

42

# „Sie erträgt den Himmel nicht“

## Zeitgenössische Kontexte literarischer Texte über Ballonfahrten

Ursula Regener

Die wissenschaftlichen Spekulationen, Mutproben und Schicksale in der Geschichte der Ballonfahrt finden ihren Niederschlag zunächst in den zeitgenössischen Journalen aller Couleur. Dabei schaffte längst nicht jede dieser Anstrengungen, die im In- und Ausland nahezu zeitgleich zu registrieren sind, auch den Sprung in die zeitgenössischen überregionalen Medien. Aus diesem Grund wird sich die einleitende Revue auf die Daten und Themen konzentrieren, die nachweislich von deutschen Schriftstellern rezipiert und kolportiert wurden. Erst nach dieser Inventur geraten zwei regionale und prominente literarische Verarbeitungen in den Blick. Jean Paul und Adalbert Stifter nutzen den Luftfahrtstyp auf sehr unterschiedliche Weise. Während der Oberfranke in der Betrachtung der Erde aus ungeahnter Höhe satirische Möglichkeiten sieht, kristallisiert der Autor aus dem Bayerischen Wald das ethisch-ästhetische Konfliktpotential des Themas heraus. Der Beitrag stellt den Versuch der systematisch auf die Rezeption in Deutschland bezogenen Erfassung eines in Einzelaspekten erforschten Feldes dar. Auf diesem interdisziplinären Weg können für die Literaturwissenschaft neue themenrelevante Quellen (wie Kotzebues Reisebericht und Goethes Tableau) und modifizierte Interpretationsansätze erschlossen werden.

### Im literarischen Deutschland registrierte Meilensteine der Ballonfahrt bis 1840: Katastrophen und Rekorde

Am 19. September 1783 startet vom Schloss Versailles aus, vor den Augen von König Ludwig XVI. und Königin Marie Antoinette, ein Heißluftballon mit drei Passa-

gieren: einem Hammel, einem Hahn und einer Ente. Der Flug dauert zwölf Minuten.

Bevor diese Pionierleistung 1784 gefeiert und in die Welt korrespondiert wird, müssen der französische Physiker Jean-François Pilâtre de Rozier und sein Copilot Chevalier François-Laurent d'Arlandes die Montgolfiere besteigen (21.11.1783). Zwei Jahre später verlieren de Rozier und sein Co-Pilot Pierre Romain beim Versuch, den Ärmelkanal von Frankreich aus zu überqueren, durch einen Absturz das Leben (15.6.1785).

Provoziert wurde diese Todestour durch die Konkurrenz der Gasballone. Der erste professionelle Ballonfahrer Jean Pierre Blanchard hatte in Begleitung von Dr. (med.) John Jeffries mit einer Charlière den Ärmelkanal im Januar 1785 in umgekehrter Richtung überquert. Auch dieses Unternehmen hätte in einer Katastrophe geendet, wenn die Ballonfahrer nicht allen Ballast (bis auf ihre Unterhosen) abgeworfen hätten.

Blanchard ist es dann auch, der am 3. Oktober 1785 durch seine Fahrt von Frankfurt nach Weilburg den nächsten Langstreckenrekord aufstellt (allerdings muss er dreimal zur Landung ansetzen, weil die deutsche Bevölkerung seine Kommandos, den Ballon zu halten, nicht versteht).

Obwohl er beide Male in der Adria landet, zieht Francesco Zambecari erheblichen Erkenntnisgewinn aus Ballonexperimenten im Oktober 1803 und August 1804, die seine Hypothese, dass die in verschiedenen Höhen unterschiedlichen Strömungen für die Lenkung genutzt werden können, bestätigen. Das erste Experiment wird 1804 in der 17. Nummer der „Annalen der Physik“ dokumentiert. Mittelbarer Zeuge des zweiten Unfalls ist August von Kotzebue, der das Ereignis zunächst im

„Freimüthigen“ vom 27.11.1804 und später im Reisebericht „Erinnerungen von einer Reise aus Liefland nach Rom und Neapel“ (1805) verbreitet, worauf es dann im gleichen Jahr in der Nummer 19 der „Annalen der Physik“ referiert wird.

Nennenswert – u. a. weil Goethe das Ereignis in einer Zeichnung festhält (s. u.) – ist der Höhenrekord, den der französische Chemiker und Physiker Joseph Louis Gay-Lussac aufstellt, als er im September 1804 zusammen mit Jean-Baptiste Biot im Auftrag der Académie française über Paris auf 7.017 m aufsteigt. (Die mitgebrachten Luftproben analysiert Gay-Lussac zusammen mit Alexander von Humboldt).

Die Jagd nach Erst- und Höchstleistungen wird von Unglücksfällen überschattet, die z. T. aber auch von großer Zivilcourage zeugen. 1824 springt Thomas Harris über Vauxhall, London, aus einem Ballon in den Tod, um seine Verlobte zu retten.

Vauxhall wird dann zum Ausgangspunkt der Rekordfahrt von Charles Green und seinen Beifahrern, dem irischen Musiker Thomas Monk Mason und dem Jurist Robert Hollond. Sie überqueren im November 1836 mit dem Ballon Nassau den Ärmelkanal und schaffen es nach zurückgelegten 770 km bis Weilburg.

Die „Allgemeine Zeitung“ vom 21.11.1836 bezeichnet Greens ersten weiten Flug als das „in Bezug auf die bedeutende Entfernung und die Gefahren während einer langen und finsternen Nacht merkwürdigste Unternehmen in der Geschichte der Aeronautik“. Auch in drei Januarnummern 1837 der „Wiener Zeitschrift für Kunst, Literatur, Theater und Mode“ wird der Greensche Rekord im „Neuesten Beitrag zur Geschichte der Luftschiffahrt mit dem Blicke in die Zukunft“ besprochen.

1838 bricht Green auch alle bisherigen Höhenrekorde durch einen Aufstieg auf 8.274 m. Beide Rekorde halten bis 1907.

### Ökonomisch-ethische Aspekte: Professionelle Ballonpioniere

Jean Pierre Blanchard und Vincenzo Lunardi machen sich als erste professionelle Ballonfahrer einen Namen. Beiden gelingt es, aus ihrem waghalsigen Können ein florierendes Unternehmen zu machen. Während Lunardi weitgehend unbemerkt von der deutschen Öffentlichkeit in England, Italien und Spanien reüssiert, macht Blanchard mit seinen insgesamt 66 Aufstiegen die Ballonfahrt in Frankreich, Deutschland, den Niederlanden, Belgien und sogar in den USA zur Publikumsattraktion. Seine Eintrittsgelder schwanken zwischen umgerechneten 80 und 360 Euro.

Das wiederum trägt ihm nicht nur Achtung, sondern auch Vorwürfe ein: Es sei verwerflich, sein Leben nur aus Profitgier aufs Spiel zu setzen, die Zuschauer da-

durch zu einem zweifelhaften Voyeurismus anzuregen und finanziell von der Erfindung eines anderen so zu profitieren, urteilt ein Anonymus 1786 „Über den Luftschiffer Blanchard“ im 8. Stück des „Journal von und für Deutschland“.

### Politische Valenzen: Ballone als Nationalsymbole

Montgolfier, Rozier, Charles, Robert, Blanchard, Garnerin: Trotz zahlreicher über Europa verteilter Aufstiegsversuche ist das Thema Ballon zumindest aus deutscher Sicht in den Pionierjahren von den Franzosen besetzt und wird in Deutschland mit dem entsprechenden nationalen Vorbehalt, aber auch dem Bewusstsein eigener Zweitrangigkeit kommentiert. Zum Montgolfieren-Tierversuch kursieren nicht nur in den deutschen Almanachen eine Reihe karikaturistischer Kommentare.

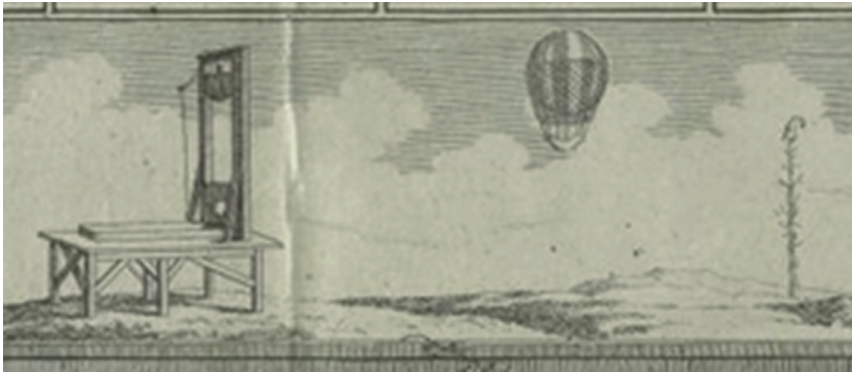
Im Oktoberheft des „Teutschen Merkur“ registriert Christoph Martin Wieland 1783 das politische Potential des techni-

schen Wettkampfs zwischen Heißluft- und Gasballonanhängern in der vorrevolutionären Zeit mit neidvoller Herablassung, bevor auch ihm die Meldung der gelungenen bemannten Aufstiege im Januar 1784 Respekt abnötigt. Ab da wird fachmännisch korrespondiert und vor allem die französische Vorreiterrolle anerkannt.

Obwohl Ballone wegen ihrer Freiheitsassoziation zu den Symbolen der französischen Revolution zählen könnten, wird die revolutionäre Valenz des Freiheitsbildes Ballon/Luftschiff in den frühen Bilddokumentationen von Ballonaufstiegen nicht dargestellt, was daran liegen kann, dass die vorrevolutionäre weiße französische Flagge zu unspektakulär wirkte. Erst nachdem die Trikolore 1790 zur Nationalflagge wird, werden Ballonhüllen blau-weiß-rot eingefärbt. Die Briten dagegen machen von Beginn an mit dem Union-Jack-Design **[1]** der Ballonhüllen auf den nationalen Aspekt ihrer Ballonpioniere aufmerksam, rücken hierzulande aber – wie oben bereits bemerkt – weniger in den Fokus der kritischen Teilnahme.



1 Julius Caesar Ibbetson: George Biggins Aufstieg in Lunardis Ballon, um 1785/1788, © bpk (Quelle: Bayerische Staatsgemäldesammlungen)



2 Johann Heinrich Wilhelm Witschel (1769–1847): Zeittafel des Achtzehnten Jahrhunderts, Nürnberg 1801 Ausschnitt; SLUB Dresden / Digitale Sammlung aus: Hist.univ.B.275,4, <http://digital.slub-dresden.de/werkansicht/df/55770/1/0>

Nach der Französischen Revolution und vollends nach den Septembermorden 1792 gerät der Ballon – folgt man Witschels „Zeittafel des 18. Jahrhunderts“ (1801) [2] – ins politische Zwielficht. Wohl wissend, dass nach einer Idee Guyton Morveaus Ballonspäher zur Observation der Mainzer Republik eingesetzt wurden, platziert der Kupferstecher einen Gasballon zwischen Guillotine und Freiheitsbaum.

Napoleon erkennt die staatstragende Symbolik dann in ihrem vollen Umfang. Erstmals anlässlich seiner Krönungsfeierlichkeiten im Dezember 1804 und auch bei folgenden Thronzeremonien nutzt er die imposanten Ballone zur Demonstration seiner kaiserlichen und militärischen Macht. Francisco de Goya greift die bildmächtige Allianz zwischen Ballonfahrt und napoleonischem Imperialismus in einem Ölbild auf, das vermutlich die französische Invasion in Spanien dokumentiert [3].

Ab 1814 wird dieser repräsentative Showeffekt auch in anderen Ländern zum festen Bestandteil monarchischer und nationaler Selbstdarstellung.

In der Zeit wachsender Abwehr des Napoleonischen Imperialismus steigen Preußen in die Geschichte der Aeronautik ein. Anders als die französischen Ballonpioniere werden die Protagonisten der preußischen Ballonfahrt aber nicht staatlich gefördert. Bemerkenswert ist jedoch, dass sowohl der Berliner Gymnasialprofessor Friedrich Wilhelm Jungius, der 1805 zweimal abhob, als auch das Ehepaar Johann Gottfried und Wilhelmine Reichard, die zwischen 1811 und 1820 17 Fahrten absolvierte, ihre Aufstiege nicht zuletzt in den Dienst meteorologischer und atmosphärischer Forschung stellen. Heinrich von Kleist erweist sich in dieser Zeit durch einen Artikel in seinen „Berliner Abendblättern“ vom 15. Oktober 1810 als Ballonspezialist. Sowohl Jungius als auch

Wilhelmine Reichard erleiden Ohnmachten, Jungius verliert am 16. September 1805 bei 6.500 m das Bewusstsein, Wilhelmine Reichard am 3. September 1811 bei unfreiwilligen 7.800 m.



3 Francisco de Goya (1746–1828): Der Ballon [über dem napoleonischen Heer] (1813–1816): Musée des Beaux-Arts, Agen, Frankreich

## Naturkundliche Valenzen: Ballonfahrten zum Zweck atmosphärischer Studien

Jungius und die Reichards knüpften an Alexander von Humboldts und Aimé Bonplands Höhenforschungen an. Diese beiden Naturforscher hatten 1802 den „Versuch den Gipfel [des 6.268 m hohen] Chimborazo zu ersteigen“ auf einer Höhe von 5.892 m abbrechen müssen und in ihrem Reisetagebuch u. a. die Auswirkungen der Atmosphäre auf den Organismus beschrieben. Soweit sich der Inhalt von Humboldts Briefen nicht vorher bereits herumgesprochen hatte oder in den Meldungen deutscher Zeitungen auftauchte, wird die deutsche Öffentlichkeit 1804 über einen langen Artikel in Band 16 der „Annalen der Physik“ („Notizen Alex. von Humboldt's von seinen Reisen in der Kordillere der Anden und von



4 „Höhen der alten und neuen Welt bildlich verglichen“, in: *Allgemeine geographische Ephemeriden*, Bd. 41 (1813), Beilage zur Abhandlung, S. 3–8; Thüringer Universitäts- und Landesbibliothek Jena; urn:nbn:de:urmel-c014ecfe-7808-45af-87fe-c9d5bb594df82

seinen physikalischen Beobachtungen in Quito und Mexico“) mit dieser Expedition bekannt gemacht. 1805 veröffentlicht Humboldt einen Reise- und Forschungsbericht über die Expedition („Essai sur la géographie des plantes, accompagné d’un tableau physique des régions équinoxiales“) in dem auch die Erfahrungen und Studien der Chimborazobesteigung festgehalten sind, und am 30. Januar 1806 trägt er seine Erfahrungen in deutscher Sprache vor der Preußischen Akademie der Wissenschaften in Berlin vor. 1806 unter dem Titel „Ideen zu einer Physiognomik der Gewächse“ in Tübingen gedruckt, heißt es hier unter anderem:

*Am Chimborazo, sechsmal höher als der Brocken, sahen wir Schmetterlinge und andere geflügelte Insecten. Wenn auch, von senkrechten Luftströmen getrieben, sie sich dahin, als Fremdlinge, verirren, wohin unruhige Forschungsbegier des Menschen sorgsame Schritte leitet; so beweiset*

*ihr Daseyn doch, daß die biegsamere animalische Schöpfung ausdauert, wo die vegetabilische längst ihre Grenze erreicht hat. Höher, als der Kegelberg von Teneriffa auf den Aetna gethürmt; höher, als alle Gipfel der Andeskette, schwebte oft über uns der Cundur, der Riese unter den Geiern.*

Auf eine 1807 angefertigte Zeichnung Goethes, der all diese Publikationen mit dem ihm eigenen naturkundlichen Interesse verfolgte und der es später bedauerte, nicht zu den Erfindern der Aerostatik und Aeronautik zu zählen, geht eine von Friedrich Justin Bertuch 1813 in den „Allgemeinen geographischen Ephemeriden“ veröffentlichte Zeichnung mit dem Titel „Höhen der alten und neuen Welt bildlich verglichen. Ein Tableau von Herrn Geh. Rat von Göthe mit einem Schreiben an den Herausg. der A.G.E.“ zurück. Sie ist Alexander von Humboldt gewidmet und stellt den Versuch dar, dessen „Ideen zu einer Geographie der Pflanzen, nebst einem Naturgemälde der

Tropenländer“ (1807) zu illustrieren. Die Bildbeigabe zeigt in der linken Bildhälfte nennenswerte und z. T. von Goethe selbst bestiegene Berge der alten Welt (Tafelberg: 1.085 m, Brocken: 1.141 m, Schneekoppe: 1.603 m, Dôle: 1.677 m, Gotthard: 3.192 m, Aetna: 3.323 m, Pico del Teide: 3.718 m, Jungfrauohorn: 4.158 m und Montblanc: 4.810 m). In der rechten Bildhälfte sind entsprechend verschiedene Höhenregionen Südamerikas zu einer Landschaft zusammengefügt. Beide „Welten“ sind an den Bildrändern mit Erläuterungen versehen. Auf dem Montblanc in der linken Bildhälfte ist der Erstbesteiger Horace-Benedict de Saussure zu erkennen (1787), in der Nähe des Chimborazo-Gipfels (auf einer Höhe von 5.892 m) Alexander von Humboldt. Links von der Bildmitte kreist in ungefährer Höhe zu Humboldt ein Kondor, rechts von der Bildmitte, deutlich höher als die beiden Gipfelstürmer schwebt der Ballon Gay-Lussacs in einer Höhe von über 7.000 m im Himmel.



## Modische Valenzen: Ballonärmel als dernier cri aus Berlin

Über die Weiblichkeit Wilhelmine Reichards findet das Thema auch seinen Weg in die Mode. Jedenfalls berichtet das „Journal des Luxus und der Moden“ im September 1811 von Berlinerinnen, die Puffärmel tragen.

*2. Modenbericht aus Berlin, Berlin, den 2. August 1811 Sie erhalten hierbei aus unseren geschmackvollsten Mode-Magazinen einige an Ort und Stelle gefertigte Zeichnungen. Auf Tafel 25. finden sie eine Dame en demi parure oder im sommermäßigen Ballanzug. Die Aermel sind hier unter dem Namen Ballon=Aermel seit kurzem sehr in Mode, und sind von sehr feinem durchsichtigen Zeuche. Unter dem Ballon = Aermel befindet sich ein enger Aermel, worauf die Puffen befestigt sind. [...]*

Eine Art Ballon-Hype hat Berlin erreicht. Dass Wilhelmine mit Puffärmeln dargestellt wird, versteht sich da fast von selbst.

## Ästhetische Valenzen

Im literarischen Deutschland wird das perspektivische Potential der Ballonfahrt bereits in den Anfangsjahren erwogen: Georg Christoph Lichtenberg sieht in seinen „Vermischten Gedanken über die aerostatischen Maschinen“ (1784) zugleich eine Gefahr für Dilettanten:

*Wird die Kugel so groß gemacht einen Menschen zu heben, so wird der Nutzen unabsehbar. (...) Mit einem paar Pferden ‚vor‘ diesem Luftwagen, oder, nachdem der Wind geht, ‚hinter‘ denselben, oder beyde einander zur Seite gespannt, könnte man in kurzer Zeit Länder durchreisen. Wie würde nicht eine solche Reise über Deutschland weg, von einem erfahrenen, vernünftigen Mann angestellt, auf genommen werden! Der Himmel behüte uns nur vor solchen erdichteten Reisen über Deutschland, oder soll ja eine erscheinen, so gebe er, daß die Materie einem Mann in die Hände falle, gleich dem, der die Insel à la Montgolfier, ich meine Laputa, so meisterhaft durch die Luft steuerte.*

Im Hinblick auf den Landschaftsmaler Stifter und seinen „Condor“-Protagonisten ist daneben ein Brief interessant, den der berühmte englische Maler William Turner

nach der Rekordfahrt von Charles Green am 13. März 1837 an den Mitfahrer Robert Hollond schreibt:

*Your Excursion so occupied my mind that I dreamt of it, and I do hope you will hold to your intention of making the drawing, with all the forms and colours of your re-collection.*

## Deutsche Schriftsteller über Ballonfahrten

Die folgende Tabelle [Tab. S. 9] bietet nicht nur eine chronologische Übersicht über die bisher erwähnten Reflexe von deutschen Schriftstellern auf Ereignisse aus der Geschichte der Ballonfahrt (gelb markiert), sondern stellt auch den Versuch dar, zwei in der deutschen Literaturgeschichte kanonische Ballonfahrer-Fiktionen – Jean Pauls „Giannozzo“ und Stifters „Condor“ kontextuell zu verankern.

## Jean Paul: Des Luftschiffers Giannozzo Seebuch (1801)

In Jean Paul glaubt Georg Christoph Lichtenberg den Literaten gefunden zu haben, der den ästhetischen und satirischen Fallstricken des Ballonsujets kongenial gewachsen ist. Nach der Lektüre des „Kampfaner Tals“ (1797) urteilt er in einem Brief an Johann Friedrich Benzenberg im Juli 1798 mit Bezug auf das 11. Kapitel:

*Ein Schriftsteller wie Jean Paul ist mir noch nicht vorgekommen. Eine solche Verbindung von Witz, Phantasie und Empfindung möchte auch wohl ungefähr das in der Schriftsteller-Welt sein, was die große Konjunktion dort oben am Planeten-Himmel ist. Einen allmächtigern Gleichnis-Schöpfer kenne ich gar nicht. Es ist, als wenn in seinem Kopf sich jeder Gegenstand in dem Reiche der Natur- oder Körper-Welt sogleich mit der schönsten Seele aus dem Reich der Sitten, der Philosophie oder der Gnade vermählte und nun mit ihr in Liebe verbunden wieder hervorträte. Haben Sie wohl die Stelle in dem Kampfaner Thal gelesen, wo Gione in einem Luftball aufsteigt? Ich kann mich nicht erinnern, daß seit langer Zeit irgend mir ein Bild einen so hinreißenden Eindruck auf mich gemacht hat.*

Goethe und Schiller hingegen reagieren reserviert auf Jean Paul und seinen Humor. Jean Paul führt sich im Juni 1796 auf Einladung Charlotte von Kalbs ein erstes Mal in Weimar ein, nachdem ihm der „Hesperus“ (1795) einige Berühmtheit eingebracht hatte. Schiller, den der Autor aus Hof am 25. Juni besucht, meldet in einem Brief an Goethe vom 28. Juni 1796 aus Jena:

*Vom Hesperus habe ich Ihnen noch nichts geschrieben. Ich habe ihn ziemlich gefunden, wie ich ihn erwartete; fremd, wie einer der aus dem Mond gefallen ist, voll guten Willens und herzlich geneigt, die Dinge außer sich zu sehen, nur nicht mit dem Organ, womit man sieht. Doch sprach ich ihn nur einmal und kann also noch wenig von ihm sagen.*

Goethe, der sich bereits am 17. Juni gelegentlich eines Mittagessens einen persönlichen Eindruck verschaffen konnte und der Jean Paul im „Musen-Almanach für das Jahr 1797“ als anachronistischen Schwärmer („Der Chinese in Rom“) und stilllosen Autor („Jean Paul Richter“ und „An seine Lobredner“) stempeln wird, antwortet aus Weimar postwendend am 29. Juni 1796:

*Es ist mir doch lieb daß Sie Richtern gesehen haben; seine Wahrheitsliebe und sein Wunsch etwas in sich aufzunehmen, hat mich auch für ihn eingenommen. Doch der gesellige Mensch ist eine Art von theoretischem Menschen, und wenn ich es recht bedenke, so zweifle ich ob Richter im praktischen Sinne sich jemals uns nähern wird, ob er gleich im Theoretischen viele Anmuthungen zu uns zu haben scheint.*

Jean Paul reichen die dreiwöchigen Erfahrungen im „Eispallast“ Weimar, um den Plan zu seinem Anti-„Wilhelm-Meister“ und Anti-Weimar-Buch in Angriff zu nehmen: „Göthens Charakter ist fürchterlich: das Genie ohne Tugend“, so bringt der Moralist seine Weimar-Diagnose am 22. Oktober 1796 gegenüber Friedrich Oertel auf den Punkt. Ende Oktober 1798 zieht Jean Paul nach Weimar und kann seine Lokalstudien vor Ort weiter vertiefen. „Ich kann Dir nicht sagen, mit welcher ernsten Berechnung auf meinen Titan das Geschick mich durch all diese Feuerproben in und ausser mir, durch Weimar und durch gewisse Weiber führt“, berichtet er am 29. Dezember 1798 an seinen Freund Christian Otto. Genau ein Jahr später gesteht er seinen Hass auf Weimar, und im September 1800 packt Jean Paul seine Sa-

chen, um seinen Wohnort nach Berlin zu verlegen. Die vier Bände des „Titan“ nebst Anhängen (darunter „Des Luftschiffers Giannozzo Seebuch“) entstehen in den Jahren 1796 bis 1803. Aus der Vorrede zu seinem „Quintus Fixlein“ (1796) lässt sich Jean Pauls Kodierungsverfahren ablesen. Dort ist die Rede vom „Kunstrat Fraischdorfer aus Haarhaar\*“ Die Fußnote erläutert „\* Fürstentum, zu welchem die Geschichte, die ich nun bald unter dem Titel Titan ediere, vorfällt“. Haarhaar bezieht sich also auf Weimar.

Im Luftschiffer-Buch bedient er sich der über den Blick aus dem Ballon höchstmöglichen Perspektive von oben. Sie macht seine Neigung zu Gedanken-sprünge mit den Regeln der Wahrscheinlichkeit kompatibel.

Jean Paul:

*Vorschule der Ästhetik (1804).*

§ 55 Bedürfnis des Gelehrten Witzes

*Wem nicht das Entfernteste beifällt, der ergreift das Neueste zum Bilde; so wurde sehr lange das Luftschiff gebraucht als witzig verbindendes Weberschiff, dann wurde durch die Revolution et was abgetan. Jetzo kann man sich teils auf die Galvanische Säule, teils auf die Reichsritterschaft stützen, um die entferntesten Sachen zu verknüpfen. Der unendlichen Weite der Zufälligkeiten sind Charaktere unentbehrlich, welche ihnen Einheit durch ihren Geister- oder Zauberkreis verleihen, der aber hier nur Körper, nicht Geister ausbannt. Auch der Reiseroman, wie das Tagbuch, bleibt, wenn nicht die Breite des Raumes und die Länge der Zeit betäubend mit Zufällen überschweben sollen, der stillen leitenden Einheit eines Charakters untätig. Der Dichter versteckt seine durchsichtigen Flügel unter die dicken Flügeldecken des Körperreichs, zumal im ruhigen Gehen; wenn er aber die Flügel über der Erde bewegt, so hält er die Decken wenigstens aufgespannt, wenn auch ungeragt.*

Vor allem aber erlaubt die Luftschiffer-Figur ihm, die Herablassung, die er in Weimar zu spüren bekommen hat, zu kontern. Dazu gehört die ästhetische Finesse, die aus der „Harzreise im Winter“ sprichwörtlich gewordene Geier-Perspektive Goethes mit der Ballonhöhe (zur Zeit der Niederschrift steht der Rekord bei 2.750 m) einkassieren zu können.

Dazu gehört aber auch die französisch-republikanische Konnotation des Luftschiffes, von deren Hintergrund die Sphäre deutscher höfischer Kleinstaaterei, die in den 14 Kapiteln des Buches in ihren Details ausgebreitet wird, sich noch rückständiger ausnimmt. Jean Paul hatte, um seine Sympathie mit den freigeistigen und fortschrittlichen Nachbarn zu bekunden, seinen deutschen Namen Johannes Paul 1792 in die französische Form überführt; nach den Septembermorden bewertete auch er die Revolution kritisch, ohne dabei aber von seinen Idealen abzurücken.

Ballontechnisch zeigt sich der Autor auf dem aktuellsten Stand. Giannozzo verfügt über einen lenkbaren Gasballon und ist mit der Möglichkeit vertraut, durch Höhenregulierung in andere Luftströmungen zu gelangen.

*Des Luftschiffers Giannozzo Seebuch*

*(1801) Erste Fahrt*

*Luftschiffs-Werft – die Seligkeit eines Gespenstes – Leipzig*

*„Des Herausgebers Hand am Rand: Aber in unserer alles entmastenden Zeit halt' ich gewiß mit Recht dieses Revolutions-Rezept zurück, bis wenigstens allgemeiner Friede wird. Dem Chemiker geb' ich etwas, wenn ich sage: Giannozzo ist im Besitz einer ganz neuen, noch einmal so leichten azotischen Luft – er extrahiert sie sogar oben, wenn der Eudiometer mehr phlogistische Luft ansagt – er lasset immer ein Naphtha-Flämmchen brennen, wie unter dem Teekessel flackert – er treibt droben oft die Kugel höher, ohne das Abzugsgeld von Ballast auszuwerfen – er hat einen Flaschenkeller von Luft bei sich – die Kugel hat nur den Halbmesser anderer Kugeln, die nicht mehr tragen, zum Diameter – sie besteht (wie mir Leibgeber schreibt, der sie gesehen) aus einem feinen, aber unbekanntem Leder mit Seide überzogen (vermutlich gegen den Blitz) – Aber nun ist's genug. Soweit der Herausgeber.*

*Was sagst du zu diesem Rezept? - Dabei hält mich mein Leder-Würfel, der auf allen 6 Seiten Fenster hat, auch auf dem Fußboden, hier im obern Dezember (der Juni drunter liegt über 3000 Fuß tief) ganz warm, wie eine zerbrochene Bouteille einen Gurkenstengel. Ich warte sogar wie ein Paradiesvogel meinen Schlaf über den Wolken ab und ankere vorher in der Luft. Der gleichzeitige Marsch und Kontremarsch der Wolken hat es dir längst gesagt, daß fast immer entgegengesetzte*

*Winde in verschiedenen Höhen streichen. Zwischen zwei feindseligen Strömen hält nun nach den hydrostatischen Gesetzen durchaus eine neutrale ruhige Luftschicht still. Und in dieser schlaf' ich gemeinlich.*

## Adalbert Stifter: Der Condor (1840)

Nahezu 40 Jahre später erscheint eine Erzählung, deren in Kremsmünster naturwissenschaftlich bestens ausgebildeter Autor der Ballonfahrt weitere Aspekte abgewinnt. Adalbert Stifter, der 1836, als er die Arbeit am „Condor“ aufnahm, den Plan verfolgte, Professor für Physik und Mathematik zu werden, hat die Berichterstattung über Charles Greens Rekordflug in drei Januarnummern 1837 der „Wiener Zeitschrift für Kunst, Literatur, Theater und Mode“ sicher verfolgt.

Gut drei Jahre später betrat Stifter mit dem Abdruck seiner Erzählung in derselben Zeitschrift am 11. April 1840 die literarische Bühne. Eine zweite variante Fassung erscheint im Kontext des ersten „Studien“-Bandes 1844. Dass Stifter sich auf Jean Paul bezieht, den er in den Jahren 1829/30 gründlich gelesen hat, bezeugen die Kapitelüberschriften seiner Erzählung. Mit 1. Nachtstück, 2. Tagstück, 3. Blumenstück, 4. Fruchtstück zitiert Stifter Jean Pauls Titel „Blumen-, Frucht- und Dornenstücke oder Ehestand, Tod und Hochzeit des Armenadvokaten F. St. Siebenkäs“, (1796–1797). Und wie Jean Paul wird Stifter später eine dezidiert anti-weimarische Haltung beziehen: Mit seiner Vorrede zu den „Bunten Steinen“ (1853) und dem dort formulierten „Sanften Gesetz“ erteilt er dem klassischen Erhabenheitsgestus mitsamt seinen seit Kants „Kritik der Urteilskraft“ (1790) systematisch erfassten landschaftlichen Kodierungen eine Abfuhr.

*Das Wehen der Luft, das Rieseln des Wassers, das Wachsen der Getreide, das Wogen des Meeres, das Grünen der Erde, das Glänzen des Himmels, das Schimmern der Gestirne halte ich für groß: das prächtig einherziehende Gewitter, den Blitz, welcher Häuser spaltet, den Sturm, der die Brandung treibt, den feuerspeienden Berg, das Erdbeben, welches Länder verschüttet, halte ich nicht für größer als obige Erscheinungen, ja ich halte sie für kleiner, weil sie nur Wirkungen viel höherer Gesetze sind. [...]*

Montgolfiers Heißluftballone	1783		Ch. M. Wieland: „Die Aeropetomanie“ (1783) „Die Aeronauten“, (1784)  G. Chr. Lichtenberg: „Vermischte Gedanken über die aerostatischen Maschinen“ (1784)
Charles und Roberts Gasballone	1783		
Guyton Morveaus strategischen Ballonpläne	1784		
Jean Pierre Blanchards	Frankfurt nach Weilburg (erste Ballonfahrt über Deutschland, 3. Okt. 1785)	70 km	Jean Paul: „Das Kampaner Tal oder Über die Unsterblichkeit der Seele“ (1797) „Des Luftschiffers Giannozzo Seebuch“ (1801)
Francesco Zambecari	1803 und 1804 : Experimente zur Steuerung von Ballons über unterschiedliche Luftströmungen in unterschiedliche Höhen		Beschrieben von Kotzebue u. a. in den „Erinnerungen von einer Reise aus Liefland nach Rom und Neapel“, 1805
Friedrich Wilhelm Jungius	1. Ballonaufstieg in Deutschland mit deutscher Besatzung in Berlin von Tiergarten bis Müncheberg am 16. September 1805	Weite: 50 km, Höhe: 6.500 m (Ohnmacht)	Ein ähnlicher Versuch kommentiert von Kleist in den „Berliner Abendblättern“ vom 15. Oktober 1810
Wilhelmine Reichard 17 Fahrten bis 1820	1. Ballonaufstieg in Deutschland mit deutscher weiblicher Besatzung in Berlin am 16. April 1811	85 Min, Höhe: 5.171 m	Adalbert Stifter: Der Condor (1840)
	Wilhelmine Reichards dritte Ballonfahrt ging von Dresden aus am 3. September 1811	60 Min, Höhe: 7800 m (Ohnmacht)	
Charles Greens Ballon Nassau	von London bis ins Herzogtum Nassau (Weilburg) Mit dabei: Thomas Monk Mason und Robert Hollond 7./8. November 1836	Langstreckenrekord: (770 km)	
	10. September 1838	Höhenrekord (8274 m)	

*Ein ganzes Leben voll Gerechtigkeit, Einfachheit. Bezwingung seiner selbst, Verstandesgemäßheit, Wirksamkeit in seinem Kreise, Bewunderung des Schönen, verbunden mit einem heiteren, gelassenen Sterben, halte ich für groß; mächtige Bewegungen des Gemütes, furchtbar einherrollenden Zorn, die Begier nach Rache, den entzündeten Geist, der nach Tätigkeit strebt, umreißt, ändert, zerstört und in der Erregung oft das eigene Leben hinwirft, halte ich nicht für größer, sondern für kleiner, da diese Dinge so gut nur Hervorbringungen einzelner und einseitiger Kräfte sind wie Stürme, feuerspeiende Berge, Erdbeben.*

*Wir wollen das sanfte Gesetz zu erblicken suchen, wodurch das menschliche Geschlecht geleitet wird.*

„Der Condor“ ist der erste, noch eher tastende Schritt in diese Richtung.

In der Erzählung ist ein Ballonaufstieg zu wissenschaftlichen Zwecken eng verknüpft mit der Liebesgeschichte der beiden sozial inkompatiblen Protagonisten, dem Maler Gustav und der adeligen Cornelia. Im „Nachtstück“ liest man von dem Maler, der von seiner Dachgeschosswohnung den Aufstieg Cornelias verfolgt. Sie ist (wohl zahlender) Passagier einer wissenschaftlichen Expedition in ungeahnte Höhen. Die beiden Wissenschaftler interessieren sich für Luftproben, Elektrizitätsphänomene, optische Spiegelungen und Luftströmungsverhältnisse. Auf „Montblanc Höhe“ (4.810 m) wird der Ballon vom „sanften“ „Passatstrom“ zunächst „westwärts“ getragen, bevor er nach einem weiteren Aufstieg in dem „obern umgekehrten Passatstrom [...] mit fürchterlicher Schnelligkeit dahingeht“. Die Höhe des Antipassat wird heute mit 6.000–10.000 Höhenmetern beziffert und von Cornelia nicht vertragen. Wie Jungius 1805 bei 6.500 m und Wilhelmine Reich-

ard 1811 bei 7.800 m verliert sie das Bewusstsein und erzwingt damit den Abbruch der wissenschaftlichen Experimente.

Mehrfach stellt der Erzähler Verbindungen zwischen dem Ballonaufstieg und dem klassischen Erhabenheitsdiskurs her. „Die Erhabenheit begann nun allgemach ihre Pergamente auseinanderzurollen – und der Begriffs des Raums fing an mit seiner Urgewalt zu wirken“ – aber Cornelia „die gleich ihrer altrömischen Namensschwester erhaben sein wollte über ihr Geschlecht [...] frei, ohne doch an Tugend und Weiblichkeit etwas zu verlieren“.

Ob aus Gründen der Abwehr derart ausgestellter Emanzipation (in der „Wiener Zeitschrift“ vom 20. Januar 1835 wurde die Teilnahme von weiblichen Laien an wissenschaftlichen Ballonexpeditionen in Frage gestellt), ob aus der Einsicht in die Hemmnisse, die eine „bürgerliche“ Ehe für einen Künstler bedeuten, oder weil Stifter die lebensentscheidenden Auswirkungen einer kleinen Irritation erzählerisch erfassen will – Gustav reagiert auf Cornelias Liebesgeständnis nach der Ballonfahrt mit der Trennung, begibt sich auf eine Reise und wird ein berühmter Maler. Nach dem sensationellen Erfolg einer Ausstellung zweier Mondbilder in Paris verlässt er Europa, um „in den Kordillern [...] neue Himmel für sein wallendes, schaffendes, dürstendes, schuldlos gebliebenes Herz zu suchen.“

Die Anspielungen liegen nach dem naturkundlichen Kapitel und der Giannozzo-Skizze auf der Hand: Stifter tariert die Grenzen zwischen Hybris und Bodenständigkeit aus, indem er die Instanzen des Goetheschen Höhentableaus bedenkt (ohne diese kennen zu müssen). Dabei lässt er Erhabenheitserfahrungen, die über technische Hilfsmittel wie Ballone künstlich kreiert werden können, nicht gelten. Hier obsiegt die Imaginationskraft des Künstlers. Wohl aber sieht er in der naturkundlichen Forschung einen Weg, auch wenn dieser in den Kordil-

leren auf die Höhe des Chimborazo und des Kondors führt. Mit Jean Paul verbindet Stifter die betonte moralische Perspektive und die damit verbundene Gegnerschaft zu überheblichen Lebensentwürfen. Den Ballon aber lässt er fahren. Er taugt als Sichtweise weder für die anbrechende realistische Epoche, noch leisten die mit ihm verbundenen Erfahrungen eine Beitrag zur Stifterschen Entdeckung der basalen Kräfte des Lebens (und der Literatur).

## Literatur

Bernhard Korzus (Hg.): *Leichter als Luft. Zur Geschichte der Ballonfahrt.* Greven: Druckhaus Cramer 1978.

Eckhard Schinkel: *Süßer Traum der Poeten: Der Freiballon. Zu den Möglichkeiten und Grenzen der Motivuntersuchung.* Frankfurt a.M.: Beck 1985.

Christian Begemann: *Die Welt der Zeichen. Stifter-Lektüren.* Weimar: Metzler 1995.

Heinz Brüggemann: *Luftbilder eines kleinstädtischen Jahrhunderts. Ekstase und imaginäre Topographie in Jean Paul: Des Luftschiffers Giannozzo Seebuch.* In: Gerhard von Graevenitz (Hg.): *Die Stadt in der europäischen Romantik.* Würzburg: Königshausen und Neumann 2000, S. 127–182 (wieder in: Ders.: *Romantik und Moderne. Moden des Zeitalters und buntscheckige Schreibart.* Aufsätze. Würzburg: Königshausen & Neumann 2009).

Roland Borgards: *Experimentelle Aeronautik: Chemie, Meteorologie und Kleists Luftschiffkunst in den Berliner Abendblättern.* In: *Kleist-Jahrbuch 2005*, S. 142–161.

*Namenlose Empfindung. Jean Paul und Goethe im Widerspruch.* Handschriften und Deutungen. Hg. von Konrad Heumann, Helmut Pfotenhauer und Bettina Zimmermann. Katalog zur gleichnamigen Ausstellung. Freies Deutsches Hochstift. Memmingen: Memminger Medienzentrum 2013.



© privat

**Prof. Dr. Ursula Regener**, geb. 1961 in Köln. Studium (Germanistik, Philosophie, Musikwissenschaft) und Promotion in Münster, 1989–2004 an der Universität Augsburg tätig. Habilitation 1999. 2001–2004 Heisenberg-Stipendiatin. Seit 1.10.2004 Ordinaria für Deutsche Philologie/Neuere deutsche Literaturwissenschaft an der Universität Regensburg, 2005–2009 Mitglied der Jean Paul-Preis-Jury, 2006–2010 Präsidentin der Eichendorff-Gesellschaft e.V., Mitglied des Themenverbundes „Sehen und Verstehen“.

**Forschungsschwerpunkte:** Literaturgeschichtliche Konstellationen, Autorenprofile, Historisch-kritische Edition.

# Die Farbe unseres Gedächtnisses

## Wie die Farbe von Objekten unser Erinnerungsvermögen beeinflusst

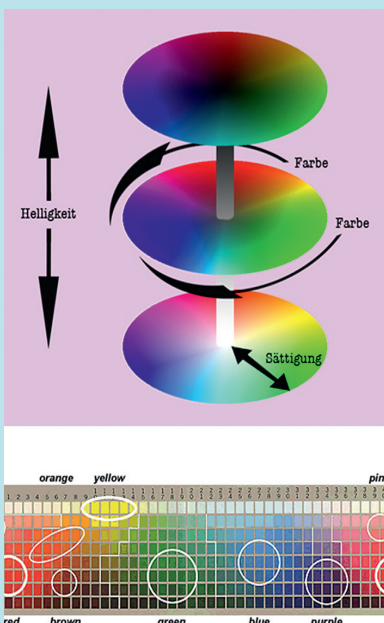
Christof Kuhbandner

Das Thema Farben interessiert den Menschen seit sehr langen Zeiten, ersichtlich beispielsweise an zahllosen Studien zu den physikalischen, physiologischen und psychologischen Grundlagen von Farben und deren Wahrnehmung. Überraschenderweise war aber bisher unbekannt, welche Rolle die Farbe von Objekten im menschlichen Gedächtnis spielt. Wie nun aktuelle Studien zeigen, hängen unsere Erinnerungen an Objekte in der Tat von der Farbe eines Objektes ab. Solche Befunde könnten insbesondere auch für den Bereich der Zeugenaussagen interessant sein, denn sie deuten darauf hin, dass – etwas flapsig formuliert – schlaue Gangster keine roten Fluchtfahrzeuge wählen sollten.

### Die Signalwirkung von Farben

Rot, Gelb, Blau, Grün – Farben sind eines der fundamentalsten Charakteristika unserer Wahrnehmungen von der Welt. Somit ist es nicht überraschend, dass das Thema Farben seit langer Zeit das Interesse vieler Menschen angezogen hat – ersichtlich beispielsweise an den zahllosen Studien zur Untersuchung der physikalischen, physiologischen und psychologischen Grundlagen von Farben und deren Wahrnehmung. Dabei hat sich gezeigt, dass Farbe einer der grundlegenden Bausteine bei der Wahrnehmung von Objekten sind, da Farbe uns hilft, unsere kontinuierlich einströmenden visuellen Eindrücke in sinnhafte Bedeutungseinheiten zu untergliedern.

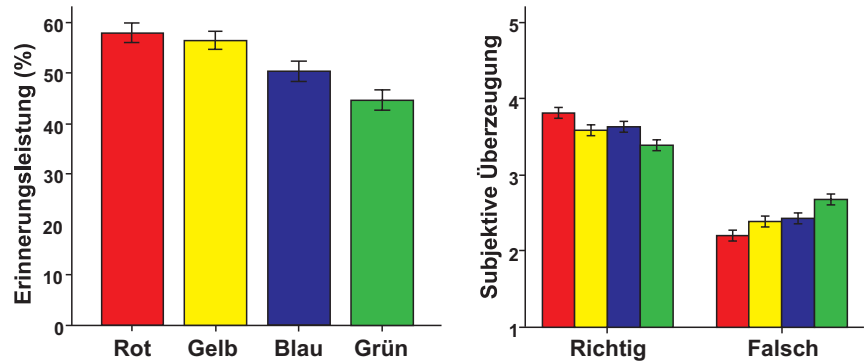
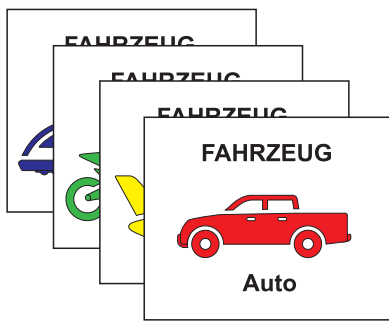
Angesichts der zahlreichen Studien zur allgemeinen Rolle der Farbe bei der Wahrnehmung visueller Objekte ist es überraschend, dass bis vor wenigen Jahren kaum Studien zur Frage existierten, inwiefern spezielle Farbtöne wie Rot, Gelb, Blau oder Grün **[Infokasten 1]** unterschiedliche Wirkungen bei der Wahrnehmung und weiteren Verarbeitung von Objekten hervorrufen. Dies änderte sich erst mit einer bahnbrechenden Beobachtung von Russell Hill und Robert Barton, zwei Forschern von der Universität von Durham (UK), bei den olympischen Sommerspielen in Athen 2004. Die beiden Forscher analysierten die Ergebnisse von Wettkämpfen, bei denen den Teilnehmern ein rotes oder blaues Trikot zugewiesen wurde (Boxen, Ringen,



### Infokasten 1

Was ist eine „Farbe“? Jede Farbempfindung kann im Rahmen eines sogenannten Farbraums beschrieben werden, der typischerweise durch die drei kontinuierlich variierenden Dimensionen Farbton, Sättigung und Helligkeit aufgespannt wird (siehe obere Abbildung für einen solchen Farbraum). Auf höheren Stufen der Farbverarbeitung wie dem konzeptuellen Gedächtnis werden die kontinuierlich variierenden Farbeindrücke basierend auf einigen wenigen basalen Farbkategorien rekodiert (z. B. Rot, Gelb, Grün, Blau), die um universell geteilte Prototypen im Farbraum organisiert sind (siehe untere Abbildung).

1 (Quelle: „Farbstruktur“ von Friedrich Graf - Eigenes Werk. Lizenziert unter CC BY-SA 2.0 de über Wikimedia Commons - [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Farbstruktur.jpg#/media/File: Farbstruktur.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Farbstruktur.jpg#/media/File:Farbstruktur.jpg); Abbildung im Infokasten 1 unten: <http://www.handprint.com/HP/WCL/color2.html>.)



2 Erinnerungsvermögen an die Farbe von Objekten. Die linke Abbildung zeigt beispielhaft den Ablauf eines Experimentaldurchgangs, in dem mehrere Objekte in den Farben Rot, Gelb, Blau und Grün gezeigt wurden. Die mittlere Abbildung zeigt die spätere Erinnerungsleistung (in Prozent richtig) für die Farbe eines Objekts in Abhängigkeit von der jeweiligen Farbe, zusammengefasst über vier Experimente. Die rechte Abbildung zeigt die subjektiven Überzeugungen der Personen hinsichtlich der Richtigkeit ihrer Farberinnerungen in Abhängigkeit davon, ob eine Farbantwort in Wirklichkeit richtig oder falsch war. Die Fehlerbalken zeigen jeweils den Standardfehler. (Quelle: Autor)

Taekwondo), und sie stellten dabei fest, dass Personen, denen das rote Trikot zugelost wurde, mit erhöhter Wahrscheinlichkeit gewannen.

Aufbauend auf diesem und zahlreichen weiteren Befunden wird inzwischen davon ausgegangen, dass bestimmte Farben eine wichtige Signalfunktion für uns Menschen innehaben – eine Eigenschaft, die schon aus dem Tierreich bekannt war. So erklären beispielsweise Hill und Barton ihre Beobachtungen bei den Olympischen Spielen 2004 damit, dass Rot Dominanz signalisiert, was den Vorteil der zufällig rot gekleideten Sportler erklären könnte. Rot scheint dabei nicht nur in Vermeidungskontexten, sondern auch in Annäherungskontexten eine wichtige Signalfunktion innezuhaben. So dient laut Studien einer Arbeitsgruppe um Andrew Elliot von der Universität Rochester Rot als ein Signal für die Attraktivität von Männern und Frauen. Fasst man die bisherigen Befunde zusammen, so scheint Rot als ein allgemeines Signal zu fungieren, das die Wichtigkeit eines Objektes für das eigene Fortkommen und Überleben anzeigt, eine Annahme, die inzwischen auch durch den Befund gestützt wird, dass rötliche Farbtöne am stärksten die Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Aus evolutionärer Perspektive betrachtet, scheint die besondere Rolle von Rot dadurch erklärbar zu sein, dass Rot den stärksten Kontrast zu Grün darstellt und damit optimal geeignet war, um Objekte wie essbare Früchte von ihrer Umgebung abzuheben. Weiterhin ist Rot die

Farbe des Blutes, und Veränderungen im Blutfluss unter der Haut dienen als wichtiges Signal für den Zustand eines Organismus. Solche evolutionären Vorprägungen werden wiederum beim Menschen durch soziale Lernprozesse verstärkt und erweitert, ersichtlich zum Beispiel daran, dass Warnsignale weltweit typischerweise eine rote Farbe aufweisen.

### Die Rolle von Farbe im menschlichen Gedächtnis

Eine offene Frage war bis vor Kurzem aber, ob auch das Erinnerungsvermögen an Objekte von deren Farbe abhängt, eine Frage, die insbesondere auch im Hinblick auf anwendungsorientierte Bereiche wie Zeugnenaussagen von großer Relevanz ist. So könnte beispielsweise die Fähigkeit, sich an das Fluchtfahrzeug von Verbrechern zu erinnern, je nach Farbe des Fahrzeugs besser oder schlechter ausgeprägt sein. Aufbauend auf der Annahme, dass Rot die Wichtigkeit eines Objektes widerspiegelt, könnte man zunächst vermuten, dass sich die Erinnerung an die Anwesenheit eines Objektes erhöht, wenn dieses rot gefärbt war.

Allerdings ist bisher kein entsprechender Befund berichtet worden. Aus funktionaler Perspektive erscheint das aber nicht unbedingt überraschend. Betrachtet man die Signalwirkung von Rot genauer, so fällt auf, dass Rot eigentlich weniger die Anwe-

senheit oder Abwesenheit eines generellen Objekttyps – z. B. eines Apfels – signalisiert. Stattdessen fungiert Rot eher als ein Signal, um zwischen verschiedenen Exemplaren eines Typs zu unterscheiden – also z. B. zwischen unreifen und reifen Äpfeln. Damit sollte Rot weniger die Erinnerung an die bloße Anwesenheit eines Objekttyps fördern – also daran, dass an einem Baum irgendein Apfel war. Vielmehr sollte stattdessen die Farbe eines Objektes besser abgespeichert werden, wenn diese Rot war, denn das würde die Erinnerung an die Relevanz eines bestimmten Exemplars fördern – also daran, dass der Apfel am Baum reif war.

In einer aktuellen Studie konnten wir gemeinsam mit Forschern der LMU München und der Freien Universität Berlin zeigen, dass dies tatsächlich der Fall ist. Dazu präsentierten wir Personen eine Reihe von verschiedenen Objekten, die entweder in roter, gelber, blauer oder grüner Farbe gezeigt wurden – für Beispiele siehe [2, links]. Anschließend wurde sowohl die Fähigkeit gemessen, sich an die Anwesenheit eines Objektes zu erinnern, als auch die Fähigkeit, sich an die jeweilige Farbe eines Objektes zu erinnern. Die Ergebnisse zeigten, dass das Erinnerungsvermögen an die bloße Anwesenheit eines Objektes von der Art der Farbe nicht beeinflusst wurde. Stattdessen beeinflusste die Art der Farbe der Objekte die Erinnerung an die Farbe selbst. Die getesteten Personen konnten sich später relativ gut an die Farbe eines Objektes erinnern, wenn dieses rot oder



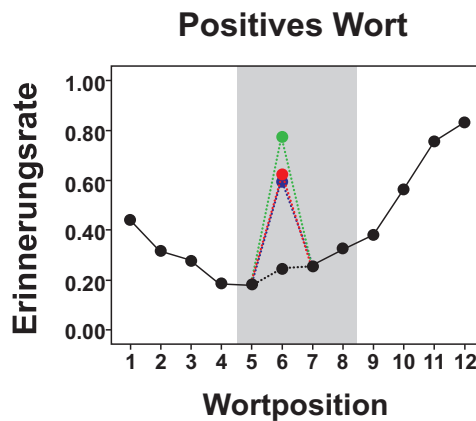
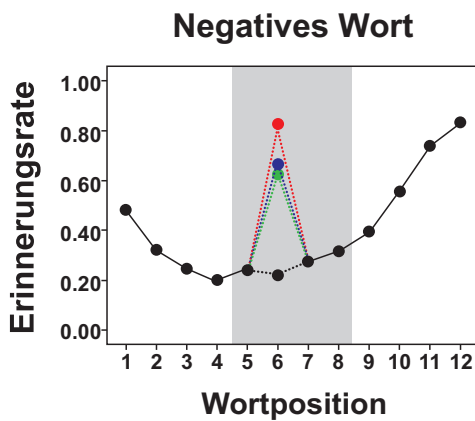
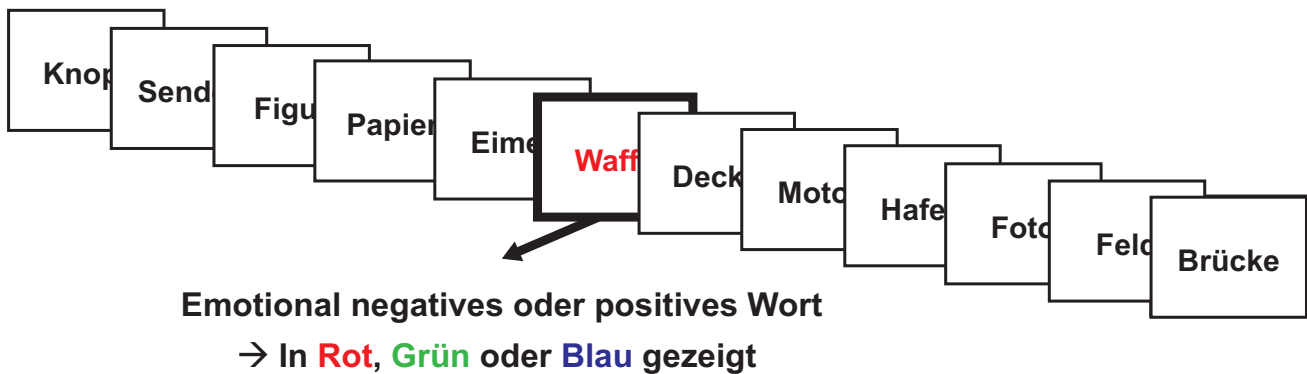
gelb eingefärbt war. Bei blauer Einfärbung war die Erinnerungsleistung nur mittelmäßig ausgeprägt, bei grüner Einfärbung vergleichsweise schlecht. Dieser Farbeffekt zeigte sich dabei sowohl bei Bildern als auch bei Wörtern, trat auch dann auf, wenn visuelle Szenen mit mehreren Objekten präsentiert wurden, und selbst dann, wenn Personen vorher gar nicht wussten, dass später ihre Erinnerungsleistung getestet werden würde [2, Mitte].

Die Ergebnisse unserer Studie zeigen, dass Personen die Farbe eines Objektes besonders gut erinnern, wenn diese Rot oder Gelb war, und besonders schlecht, wenn diese Grün war. Da nicht nur Rot, sondern auch Gelb als typische Signalfarben sowohl beim Menschen als auch im Tierreich gelten, scheint ein solcher Mechanismus

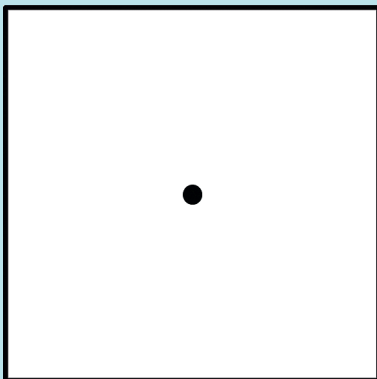
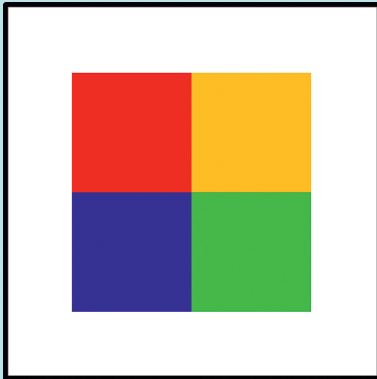
der Funktion zu dienen, Objekte mit hoher Relevanz automatisch besser abzuspeichern. Dass Grün wiederum am schlechtesten erinnert wurde, hat vermutlich damit zu tun, dass Grün kaum Signalwirkung haben kann, weil praktisch fast alles auf der Welt – zumindest in der Natur – grün ist.

In Bezug auf die Erinnerung an vergangene Ereignisse ist aber nicht nur die objektive Leistung interessant – also ob die Anwesenheit eines Objekts richtig erinnert wurde. Insbesondere für den Bereich der Zeugenaussagen ist ebenso wichtig, wie überzeugt man von der Richtigkeit seiner Erinnerungen ist. Auch das haben wir in der Studie untersucht, und auch hier zeigt sich ein überraschender Befund. Rot beeinflusst nicht nur die objektiven Erinnerungsleistungen, sondern auch die subjektiven Überzeu-

gungen, ob eine Erinnerung richtig oder falsch ist. Wenn eine Erinnerung richtig war und Personen gefragt wurden, wie sicher sie sich seien, war die subjektive Überzeugung hinsichtlich der Richtigkeit bei Rot am größten, bei Gelb und Blau mittelmäßig und bei Grün am geringsten. Genau das umgekehrte Muster zeigte sich bei falschen Farbeinblendungen. Dann war die Überzeugung hinsichtlich der Richtigkeit bei Grün am größten, bei Gelb und Blau mittelmäßig und bei Rot am geringsten [2, rechts]. Zusammenfassend könnte man also sagen: Wenn Verbrecher schlau wären, dann sollten sie lieber grüne statt rote Fluchtautos wählen, denn dann sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass die Farbe von Zeugen erinnert wird, und die Aussagen von Zeugen werden gleichzeitig unglaubwürdiger.



3 Die Wirkung von Farben auf emotionale Erinnerungen. Die obere Abbildung zeigt beispielhaft den Ablauf eines Experimentaldurchgangs, in dem jeweils ein emotional negatives oder positives Wort entweder in roter, grüner oder blauer Farbe in einer schnellen Folge von neutralen Wörtern in schwarzer Farbe gezeigt wurde. Die untere Abbildung zeigt die Erinnerungsleistung an die Wörter in Abhängigkeit von der Wortposition und der Farbe für negative Wörter (linke Graphik) und positive Wörter (rechte Graphik). Der grau unterlegte Bereich stellt die Positionen dar, an denen ein emotionales Wort in einer Folge erscheinen konnte. Die Ergebnisse zeigen, dass Rot die Erinnerung an negative Wörter fördert, während Grün die Erinnerung an positive Wörter fördert. (Quelle: Autor)



## Infokasten 2

Das Entstehen einer Farbempfindung. Unser Auge verfügt über drei verschiedene Typen von Farbsinneszellen (sogenannte „Zapfen“), die am stärksten entweder auf Licht mit kurzer (blau), mittlerer (grün) oder langer (rot) Wellenlänge reagieren. Aus dem Erregungsmuster dieser Zellen bildet das Gehirn eine Farbempfindung, indem die Signale der drei Zapfen zu zwei komplementären Gegensatzpaaren verrechnet werden. Die Aktivität der Grünzapfen wird von der Aktivität der Rotzapfen subtrahiert und die Differenz im Gegenfarbenkanal Rot-Grün weitergeleitet, die Summe der Aktivität der Rot- und Grünzapfen wiederum wird von der Aktivität der Blauzapfen subtrahiert und im Gegenfarbenkanal Gelb-Blau weitergeleitet. Eine bestimmte Farbempfindung wird damit in jedem Kanal immer gleichzeitig aus zwei Einflussfaktoren errechnet – dem jeweiligen Anteil der Gegenfarben. Einfach ausgedrückt heißt das dann, dass es für eine Rotempfindung nicht ausreicht, wenn die Rotzapfen feuern. Gleichzeitig dürfen die Grünzapfen nicht feuern. Man kann dieses Zusammenspiel der Gegenfarben sogar sehr leicht selbst erlebbar machen. Wenn ein Zapfen für längere Zeit gereizt wird, ermüdet dieser praktisch, und damit fehlt ein Signal in der Berechnung im Gegenfarbenkanal, das eigentlich physikalisch vorhanden ist – mit der Konsequenz, dass wir plötzlich Farben sehen, wo gar keine sind. Um das Auszuprobieren, muss man nur für ca. 30 Sekunden auf die Mitte des Quadrats links mit den vier Farben schauen, ohne die Augen zu bewegen, und anschließend auf den Punkt in der Mitte des eigentlich weißen unteren Quadrats. Was fällt Ihnen dabei auf?

(Quelle: Autor)

## Die Wirkung von Farben auf emotionale Inhalte

Die eben beschriebene Studie legt nahe, dass zwar die Farbe eines Objektes besser oder schlechter erinnert wird in Abhängigkeit von der Art der Farbe. Die Erinnerung daran, dass überhaupt ein Objekt in einer Situation anwesend war, scheint dagegen nicht von der Farbe beeinflusst zu werden. Allerdings wurden in dieser Studie emotional relativ neutrale Objekte verwendet. Die Sachlage könnte völlig anders sein, wenn Objekte Emotionen beim Beobachter auslösen, ein Aspekt, der insbesondere bei Zeugenbefragungen eine wichtige Rolle spielen kann. Eine solche Vermutung ist deswegen naheliegend, weil Farben im Alltagsleben nicht zufällig verwendet werden, sondern häufig den Emotionsgehalt von Objekten widerspiegeln. So wird die Farbe Rot fast weltweit dazu verwendet, um „Stopp“ oder „Gefahr“ zu signalisieren, während die Farbe Grün typischerweise „Go“ oder „Sicherheit“ signalisiert. Angesichts der Allgegenwart solcher emotionaler Farbassoziationen könnten Rot und Grün relativ unbewusste Erwartungen hin-

sichtlich potentieller Gefahren oder Vorteile auslösen. Folglich könnte die Farbe Rot die Wirkung von Objekten verstärken, die negative Emotionen auslösen, und die Farbe Grün die Wirkung von Objekten, die positive Emotionen auslösen.

Übertragen auf das Erinnerungsvermögen an Objekte hieße das, dass emotional negative Objekte besser erinnert werden sollten, wenn diese rot gefärbt sind, während emotional positive Objekte besser erinnert werden sollten, wenn diese grün sind, weil die jeweiligen Farben die ausgelösten Emotionen verstärken sollten. Eine weitere Studie unserer Arbeitsgruppe bestätigte diese Vermutung.

Wir präsentierten Versuchspersonen positive (z. B. „Freund“) oder negative Wörter (z. B. „Waffe“) in einer schnellen Folge emotional neutraler Wörter. Um den Effekt der Farbe zu untersuchen, färbten wir die emotionalen Wörter entweder rot, grün oder blau ein, alle anderen Wörter wurden in schwarzer Farbe präsentiert [3, oben]. Danach wurde die Erinnerung an die Wörter gemessen. Wie die Ergebnisse zeigten, wirken Grün und Rot in der Tat genau gegeneinander in Abhängigkeit vom Emotionsgehalt

der Wörter. Rot förderte substantiell die Erinnerung an negative Wörter und Grün die Erinnerung an positive Wörter [3, unten].

## „Platonische Ideen“

Die beiden beschriebenen Studien demonstrieren, dass unsere Erinnerungen an die Welt davon beeinflusst werden, welche Farbe wahrgenommene Objekte aufweisen. Eine spannende Frage, die wir aktuell verfolgen ist, ob dies vielleicht auch „umgekehrt“ funktioniert – ob also unsere Erinnerungen an die typische Farbe von Objekten die Wahrnehmung beeinflusst. Ein solcher Befund würde zeigen, dass unsere Wahrnehmung nicht wie eine Kamera funktioniert, die objektiv die Farben der Welt aufzeichnet. Stattdessen wäre „Wahrnehmung“ dann immer ein Zusammenspiel zwischen einströmenden visuellen Reizen und bereits abgespeicherten Konzepten – ähnliche Vermutungen finden sich bereits bei Platon, der die Existenz von „Ideen“ postuliert, die den sinnlich wahrnehmbaren Objekten ontologisch übergeordnet seien.



Erste bahnbrechende Befunde von einer Arbeitsgruppe um Karl Gegenfurtner von der Universität Gießen weisen darauf hin, dass dies tatsächlich der Fall zu sein scheint. Die Forscher präsentierten Personen Bilder von Objekten mit der Aufforderung, die Farbe der Objekte so einzustellen, dass das Objekt grau erscheint. Aufgrund der Eigenschaften unseres Farbwahrnehmungssystems muss eigentlich auf Reizebene der Anteil von sogenannten Gegenfarben wie beispielsweise Blau und Gelb vergleichbar stark eingestellt werden, damit ein Graueindruck entsteht [Infokasten 2]. Bei Objekten, die mit keiner typischen Farbe verbunden sind, war das auch tatsächlich der Fall. Anders war aber das Ergebnis für Objekte, die immer dieselbe Farbe zeigen, wie beispielsweise Bananen. In solchen Fällen mischten alle Personen einen größeren Anteil der Gegenfarbe dazu, bei Bananen also Blau. Offenbar stülpt unser psychologisches System in der Tat abgespeicherte Konzepte über einströmende visuelle Reize und „färbt“ diese in der erwarteten Richtung ein, so dass für einen Graueindruck zur Kompensation Gegenfarben dazu gemischt werden müssen.

In einer aktuellen Studie untersuchen wir nun, ob die Stärke der Verzerrung unserer Farbwahrnehmungen aufgrund abgespeicherter Konzepte von der emotionalen Stimmung abhängt. Wie wir und andere Forschergruppen in einer Reihe von Studien bereits demonstrieren konnten, verarbeiten wir einströmende Reize in negativer Stimmung typischerweise eher reizorientiert und in positiver Stimmung eher konzeptorientiert. So konnten wir beispielsweise vor einigen Jahren nachweisen, dass für eine bewusste Wahrnehmung in negativer Stimmung weniger Reizstärke notwendig ist als in positiver Stimmung. Wenn sich ein ähnlicher Effekt auch auf der Ebene der Farbwahrnehmung zeigen sollte, dann sollten unsere abgespeicherten Konzepte von der Welt unsere Farbwahrnehmung in positiver Stimmung stärker in Richtung der typischen Farben eines Objekts verzerren als in negativer Stimmung. In anderen Worten ausgedrückt sollte damit positive Stimmung graue Welten etwas farbiger erscheinen lassen – eine Vermutung, über die wir bald mehr wissen werden.

## Literatur

- Andrew J. Elliot, Color and psychological functioning: a review of theoretical and empirical work. *Frontiers in Psychology* 6 (2015), S. 368.
- Thorsten Hansen, Maria Olkkonen, Sebastian Walter, Karl R. Gegenfurtner, Memory modulates color appearance. *Nature Neuroscience* 9 (2006), S. 1367–1368.
- Russell A. Hill, Robert A. Barton, Red enhances human performance in contests. *Nature* 435 (2005), S. 293.
- Christof Kuhbandner, Bernhard Spitzer, Stephanie Lichtenfeld, Reinhard Pekrun, Differential binding of colors to objects in memory: Red and yellow stick better than blue and green. *Frontiers in Psychology* 6 (2015), S. 231.
- Christof Kuhbandner, Reinhard Pekrun, Joint effects of emotion and color on memory. *Emotion* 13 (2013), S. 375–379.
- Christof Kuhbandner, Simon Hanslmayr, Markus A. Maier, Reinhard Pekrun, Bernhard Spitzer, Bernhard Pastötter, Karl-Heinz Bäuml. Effects of mood on the speed of conscious perception: behavioral and electrophysiological evidence. *Social Cognitive and Affective Neuroscience* 4 (2009), S. 286–293.



© privat

**Prof. Dr. Christof Kuhbandner**, geb. 1974 in Marktredwitz. Studium der Psychologie an der Universität Regensburg, anschließend Forschung und Lehre während der Promotionszeit in der Allgemeinen Psychologie, der Entwicklungspsychologie und der Persönlichkeitspsychologie an der Technischen Universität Dresden, der International University Bremen und der Universität Regensburg. Nach der Promotion im Jahr 2007 Akademischer Rat auf Lebenszeit an der Ludwig-Maximilians-Universität München am Lehrstuhl für Persönlichkeitspsychologie und Pädagogische Psychologie. Im Jahr 2013 Berufung an die Universität Regensburg auf den Lehrstuhl für Pädagogische Psychologie,

**Forschungsschwerpunkte:** Emotion, Motivation, Informationsverarbeitung und Lernen

# Physik als Weg der Weltbegegnung

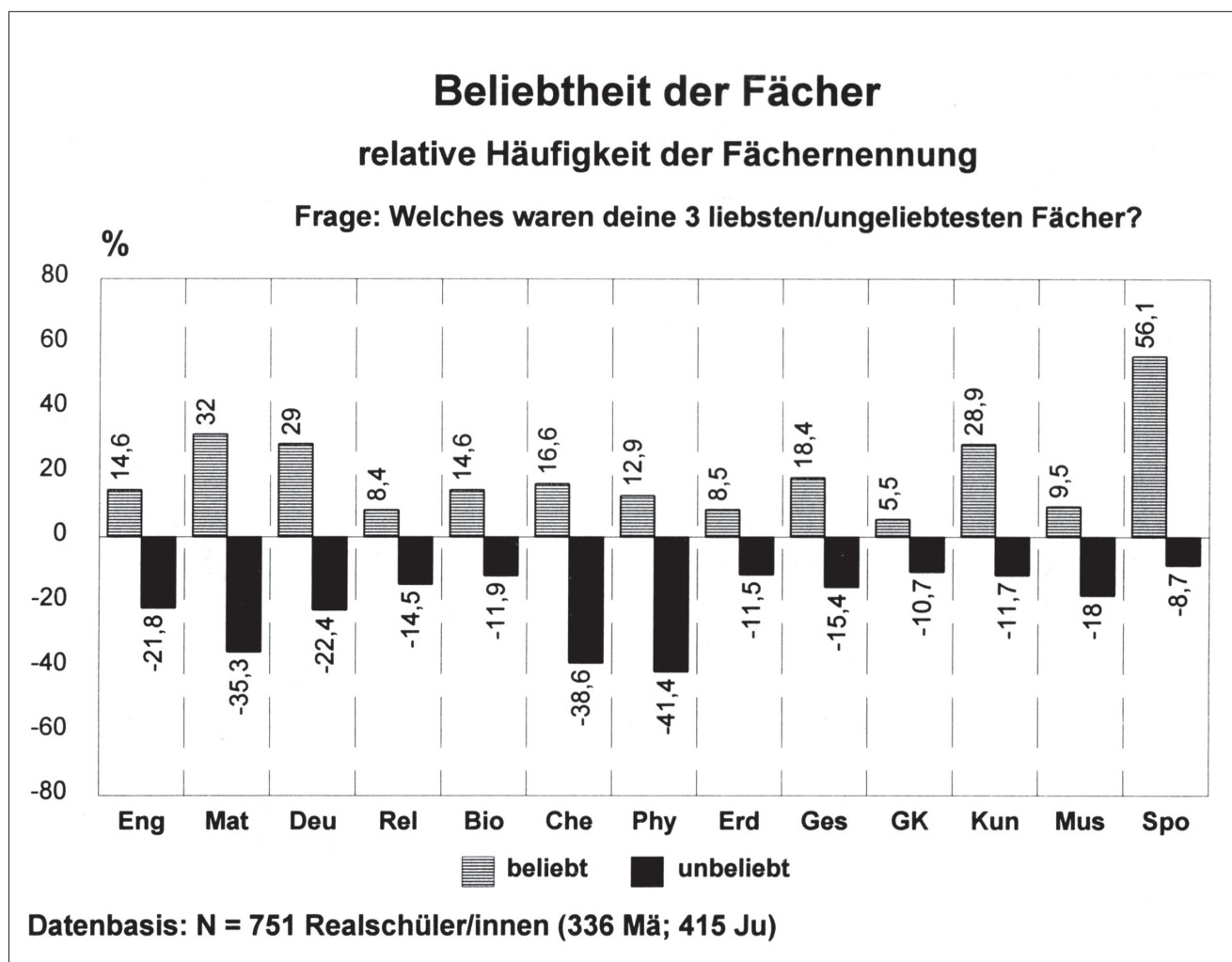
## Grammatik des Lehrens und Lernens

Karsten Rincke und Christian Maurer

Die Diskussion über die Qualität von Physikunterricht leidet unter der Verbreitung und ungebrochenen Akzeptanz zahlreicher Mythen, die gern in die Forderung danach ge-

wendet werden, welche Unterrichtsmerkmale im Interesse eines »besseren Unterrichts« zu steigern seien: Der Unterricht solle »alltags-« oder »anwendungsnäher«, »schülerorientierter« oder »aktivierender« sein. Viele dieser Merkmale erweisen sich bei genauerem Hinsehen als äußerlich. So ist ein Unterricht, in dem ein äußerlich sichtbar

lerorientierter« oder »aktivierender« sein. Viele dieser Merkmale erweisen sich bei genauerem Hinsehen als äußerlich. So ist ein Unterricht, in dem ein äußerlich sichtbar



<sup>1</sup> Daten zur relativen Beliebtheit (Muckenfuß, 1995, S. 76). Das Fach Physik hat vergleichbar viele überzeugte Anhänger wie Biologie oder Englisch. Es hat jedoch sehr viel mehr erbitterte Gegner – insgesamt verteilt sich mehr als die Hälfte einer durchschnittlichen Schulklasse auf zwei einander gegenüberstehende Lager. Die Abbildung zeigt ältere Daten, aktuellere Daten aus internationalem Umfeld schlüsseln jedoch das Fach Science nicht in die drei uns gewohnten Naturwissenschaften auf und lassen daher keinen so detaillierten Blick zu.

reges Treiben in Gestalt von Schülerexperimenten herrscht, dem allgemeinen Verständnis nach »schülerorientiert« und »aktivierend«. Ob er auch lernwirksam ist, ist indessen alles andere als gesichert: Eine äußerliche »Aktivität« erzwingt mitnichten auch eine kognitive, und entsprechend lässt sich wunderbar ohne jeden Lernzuwachs mit Gerätschaften hantieren. Eigenschaften der eben gelisteten Art sind, sofern sie als primäre Ziele einer guten Unterrichtsgestaltung angesehen werden, irrelevant. Der gute Unterricht erreicht diese Ziele, jedoch als Folge der guten Qualität, nicht ihrer Voraussetzung.

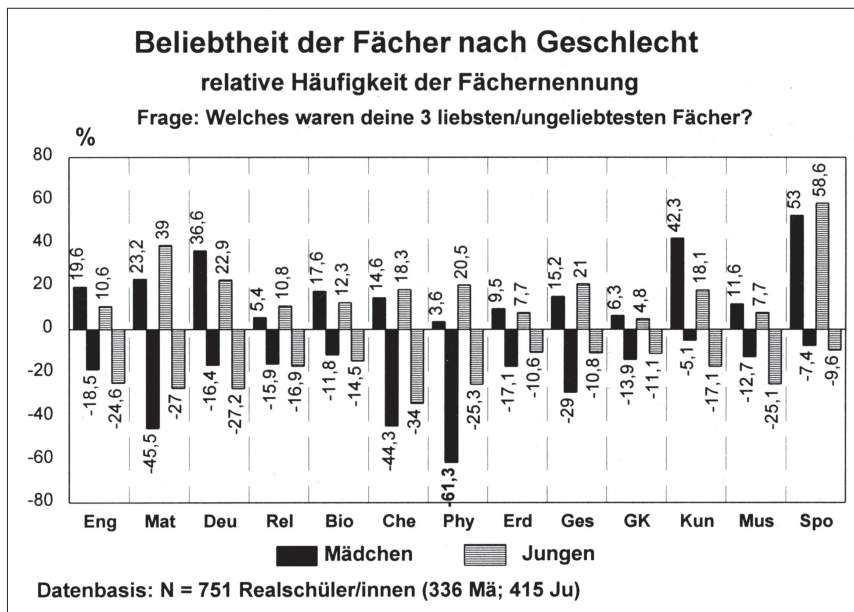
gegenübersteht wie Physik. In seiner polarisierenden Wirkung ist es nur den Fächern Mathematik und Chemie vergleichbar.

### Schülerinnen wenden sich ab

Abbildung [2] zeigt dieselben Daten nach Geschlechtern aufgeschlüsselt und liefert damit ein bestürzendes Bild.

Dass sich relativ viele Schüler, vor allem aber Schülerinnen im Verlauf ihrer Schulzeit von der Physik abwenden, wird allgemein als ein Problem angesehen, wenn auch in vielen Fällen aus zweifelhaften Gründen:

len Identität. 13-jährige wollen mündig werden. Sie wollen und sollen nicht an ihr Funktionieren in einem industriellen Produktionsprozess denken. Wenn sich ihnen der Physikunterricht verschließt, dann ist das nicht deshalb bedauerlich, weil uns damit womöglich potente Ingenieurinnen verloren gehen. Es zeigt, dass wir gegenüber einer großen Gruppe angesichts des Ziels versagen, Physik als einen Weg der Weltbegegnung vorzustellen. Sie ist ein Weg unter mehreren denkbaren. Musik, Kunst, Sprach- oder allgemein die Geisteswissenschaften pflegen andere, für sie charakteristische Wege der Weltbegegnung. Allgemeine Bildung bedeutet, mehrere dieser Wege in Ansätzen beschränkt zu haben, auch ihre Grenzen zu ahnen und sie nicht in geeignet oder wertlos scheiden zu wollen. Allgemeine Bildung ist in unserem Kulturkreis ohne Naturwissenschaft nicht denkbar.



2 Daten zur relativen Beliebtheit (Muckenfuß, 1995, S. 77), aufgeschlüsselt nach Geschlecht: Offenbar sind es fast nur Jungen, die Physik mögen, und größtenteils Mädchen, für die Physik ungeliebt ist. In den Fächern Biologie oder Englisch, mit denen in Zusammenhang mit Abbildung [1] verglichen wurde, ist die Situation bei weitem nicht so disparat.

### Polarisierender Physikunterricht

Dass der Physikunterricht als entwicklungsbedürftig gilt, scheint Konsens zu sein. Menschen, die beruflich mit Physik zu tun haben, kennen das: Auf ihren Beruf hin gefragt, fängt ihr Gegenüber an, mit den Augen zu rollen oder Luft zu holen, um dann die desaströsen Erfahrungen aus dem Physikunterricht der eigenen Schulzeit an Beispielen zu illustrieren. Der Physikunterricht polarisiert. Abbildung [1] zeigt, dass das Fach Physik zwar vergleichbar viele erklärte Anhänger hat wie einige andere Fächer – etwa Biologie oder Englisch, und dass es beliebter ist als Erdkunde. Sie zeigt aber auch, dass kein anderes Schulfach einer solchen Front erbitterter Gegner

Der vorgeblich drohende Mangel an Fachkräften, der unseren Wohlstand, unsere Wettbewerbsfähigkeit als Nation im globalen Vergleich gefährde, sei es, der uns als Gestalter von Lernumgebungen in der Schule bewegen solle, alles für die Förderung des Interesses am Fach Physik zu tun – so die politische Rhetorik. Die Argumentation verkennt, dass allgemeinbildende Schulen primär ein anderes Ziel vor Augen haben, auf das ihre Bezeichnung unmittelbar hinweist. Physikunterricht an diesen Schulen gehorcht keinen arbeitsmarktpolitischen Erwägungen, sondern er hat der Idee zu folgen, Physik als einen Modus der Weltbegegnung – eine vor allem von Jürgen Baumert geprägte sprachliche Wendung – zu vermitteln. Physik ist Teil unserer kulturel-

### Ursachen

Unterricht ist ein komplexes Gefüge, angesichts dessen es schwierig ist, Ursachen für Probleme in pointierter Weise benennen zu wollen, zumal es voraussetzt, hierfür auch einen Nachweis führen zu können. Ein Vorwurf gegen den zeitgenössischen Physikunterricht lautet, dass er nach wie vor die Qualifizierung des wissenschaftlichen Nachwuchses im Auge habe und damit am Bildungsbedürfnis einer Mehrheit der Schülerinnen und Schüler vorbeigehe.

Wie sieht der Unterricht aus, gegen den sich diese Kritik richtet? Es gibt Befunde einer großangelegten Videostudie des Physikunterrichts in Deutschland (178 videografierte Unterrichtsstunden). Die Videos wurden dabei auf Merkmale hin untersucht, die – gestützt auf theoretische und empirische Befunde – als bedeutsam für das Lernen angesehen werden, und zwar (1) Klassenorganisation, (2) Zielorientierung, (3) Lernbegleitung, (4) Fehlerkultur, (5) Rolle der Experimente. Unter Klassenorganisation werden Kategorisierungen wie Lehrervorträge, Klassengespräche oder Diktate als lehrerzentrierte, Einzel-, Still- oder Gruppenarbeiten als schülerzentrierte Formen der Klassenorganisation verstanden. Es zeigt sich, dass die aus theoretischer Sicht förderlichen Merkmale selten umgesetzt werden und dass Unterschiede in der Lehrer- bzw. Schülerzentrierung keinen Einfluss auf die Kompetenz- und Interessenentwicklung im Verlauf eines Schuljahres haben.

## Konsequenzen für Inhalte oder Methoden? – Weder noch!

Für eine Reihe Autoren ergibt sich die Konsequenz, den Physikunterricht inhaltlich auszuweiten, deutlicher auf Aspekte des Alltags und der Anwendung zu beziehen und ihn auch fachlich von »Ballast« zu befreien. Auch wenn dies auf den ersten Blick überzeugend erscheint, so sei vor diesem Schluss gewarnt: Es ist eine zu einfache Idee, die hofft, das Problem dadurch heilen zu können, dass das in den Hintergrund trete, was das Fach so unbeliebt mache, nämlich Wesentliches des Faches selbst. Auch das Fachliche, das Komplexe, wird zum Bildungsgut, wenn wir es *bildend inszenieren*. Weiter: Den Parameter der Auswahl der Inhalte können wir fürs erste unberührt lassen – hier wurden in den letzten Jahren vielfältige Anstrengungen unternommen, die sich auch augenfällig in der Gestaltung von Lehrbüchern niederschlagen. Hält man sich aber vor Augen, welche Anstrengungen Lehrmittelhersteller um besonders kinder- und jugendlichengerechte Lernmedien heute unternehmen und mit welchem Reformeifer Lehr- oder Bildungsplankommissionen in der letzten Dekade im Gefolge der von der Kultusministerkonferenz formulierten Bildungsstandards zu Werke gegangen sind, so darf man berechtigt fragen, ob hier an der wesentlichen Stellschraube gedreht wird: Obwohl so viele hochattraktive Medien in einem hinsichtlich seiner Vorgaben durchmodernisierten Unterricht zur Verfügung stehen, atmet das Ansehen des Physikunterrichts nicht erkennbar auf.

Das Ergebnis, wonach auch die Frage nach wahlweise *Schüler-* oder *Lehrerzentrierung* unbedeutend sei, weist darauf hin, dass die breit geführte Debatte über Unterrichtsmethoden mit hoher Wahrscheinlichkeit ebenfalls nicht auf den Kern des Problems zielt: Es ist zwar berechtigt, eine unterrichtsmethodische Monokultur als defizitär zu kennzeichnen, dies aber in die Forderung nach einer Vielfalt der Methoden umzumünzen, greift zu kurz. Lernen braucht nicht vielfältige, sondern dem gesetzten Ziel *angepasste* Methoden, was einen bedeutenden Unterschied macht. Wer im Unterricht unterschiedliche Ziele setzt und je angepasste Methoden wählt, erzeugt die Vielfalt der Methoden ganz nebenbei. Sie ist notwendige Folge, nicht Ziel einer guten Unterrichtsplanung.

Aus den oben genannten fünf Bereichen scheidet die Klassenorganisation also

offenbar als Kandidat für eine entscheidende Stellschraube aus. Anders verhält es sich mit der Zielorientierung (2). Hier wird berichtet, dass ein hinsichtlich seiner Ziele klarer Unterricht als unterstützend wahrgenommen werde und selbstbestimmtes, motiviertes Handeln befördere. In der Folge sei auch der Wissenszuwachs höher.

Lernbegleitende Verhaltensweisen (3) von Lehrkräften wirken sich bei Schülerinnen und Schülern je nach Vorwissen unterschiedlich aus: Solche mit niedrigem Vorwissen profitieren, die mit hohem Vorwissen werden unter Umständen in ihrer Entwicklung beeinträchtigt – hier ist offenbar ein adaptives Verhalten wichtig.

In Bezug auf die Fehlerkultur (4) liegen keine erhärteten Befunde vor, da sich offensichtliche Fälle von Ängstlichkeit oder Beschämung zu selten in den Daten fanden. Wichtig erscheinen jedoch die Ergebnisse zum Experimentieren (5): Hier zeigt sich ein Defizit an systematischer Unterstützung von Lernprozessen.

Insgesamt liegt daher nahe, dass ein solcher Unterricht anzustreben sei, der besonders auf die Steigerung der Indikatoren (2) und (5) abhebt. Solche Forderungen jedoch folgen einer unzulässig simplifizierenden Denkfigur: Es ist augenscheinlich, dass das komplexe System Unterricht nicht dadurch verbessert wird, dass einzelne Indikatoren im Sinne eines Je-mehr-desto-besser gesteigert werden. Forderungen, die dieser Denkfigur folgen, begegnen wir allenthalben, sei es in Gestalt der Forderung nach mehr Schüleraktivität, Methodenvielfalt, Alltagsbezug und so weiter. Jedoch: Fast nichts in unserem Leben, das sich auf Qualität, Ästhetik, Nützlichkeit oder Ähnliches bezieht, folgt dieser Denkfigur – so auch nicht der Unterricht. Es ist nicht die möglichst salzige Suppe schmackhaft, sondern die gut gewürzte, will sagen: Es kommt auf die bestmögliche Orchestrierung verschiedener Indikatoren an, nicht auf ihre bloße Steigerung!

## Wissenschaftliche Herangehensweise in Regensburg

Leider sind wir sehr weit davon entfernt, für unterschiedliche Altersgruppen, Vorwissensbasen, Schularten, Fächer, Inhalte etc. erhärtete Aussagen machen zu können, wie eine solche Orchestrierung je auszusehen habe, und vermutlich ist dieses Ziel schon allein deshalb nicht erreichbar,

weil sich im Unterricht auch die Fortentwicklung unserer Gesellschaft spiegelt: Das System ändert sich, während wir es zu verstehen versuchen. In der Arbeitsgruppe Didaktik der Physik wählen wir daher einen instruktionstheoretischen Ansatz, der einen globalen Vorschlag für die grundsätzlich innere Strukturierung von Lerneinheiten (etwa Unterrichtsstunden) macht. Bei dieser Strukturierung ist nicht an die Abfolge von Tätigkeiten oder Methoden gedacht, sondern an den inneren Bedeutungs- und Verstehenszusammenhang dessen, womit Schülerinnen und Schüler konfrontiert werden. Die Strukturierung stimuliert und organisiert daher den Lernprozess, nicht das, was »gemacht wird«. Innerhalb des strukturierenden Rahmens treten Experimentiergelegenheiten in jeweils definierter kognitiver Funktion auf. Ob sie als Schüler- oder Demonstrationsexperiment durchgeführt werden, legt der Ansatz nicht fest. Der Ansatz verwendet die Indikatoren (2) und (5) als Rahmenvorgaben für die Orchestrierung aller Gestaltungsaktivitäten, ohne einfach nur steigern zu wollen.

Der von uns genutzte instruktionstheoretische Ansatz ist von den Pädagogen und Erziehungswissenschaftlern Fritz Oser und Jean-Luc Patry in die Diskussion eingebracht und durch zahlreiche Arbeiten in der Forschergruppe Naturwissenschaftlicher Unterricht an der Universität Duisburg-Essen für den Physikunterricht verfügbar gemacht worden.

## Tiefenstruktur, Sichtstruktur: Grammatik des Lehrens und Lernens

Eine wichtige Idee dieses Ansatzes liegt darin, dass er vier Lehrziele, sog. Basismodelle, unterscheidet, und zwar *Lernen durch Eigenerfahrung*, *Konzeptaufbau*, *Problemlösen* und *Konzeptwechsel*. Er stellt also mitnichten so etwas wie »Entdecken-lassen-des-Lernen« oder »selbstreguliertes Lernen« in den Mittelpunkt, sondern ist für unterschiedliche Zielsetzungen offen. Das ist wichtig, weil Physikunterricht grundsätzlich verschiedene Anliegen verfolgt – diese einem einzigen Ziel unterwerfen zu wollen, führte zwangsläufig zu inneren Widersprüchen und mangelnder Passung zwischen Angestrebtem und Erreichbarem. Für jedes dieser Lehrziele sieht der Ansatz eine Abfolge von Handlungsschritten vor. Diese



Lernen durch Eigenerfahrung		Konzeptaufbau
1	Einführen des Kontextes Inneres Vorstellen und Planen	Bewusstmachen des Vorwissens
2	Handeln im Kontext <b>Erfahren, Erleben, Explorieren</b>	Durcharbeiten des prototypischen Musters <b>Veranschaulichen</b>
3	Erste Ausdifferenzierung und Reflexion	Darstellen der wesentlichen Merkmale und Prinzipien <b>Kontrastieren</b>
4	Verallgemeinern der gefundenen Regelmäßigkeiten	Mit den neuen Konzept aktiv umgehen <b>Anwenden</b>
5	Regelmäßigkeiten auf größere Zusammenhänge übertragen <b>Anwenden</b>	Vernetzen mit bekanntem Wissen <b>Anwenden / Prüfen / Kontrastieren</b>

**Tab. 1** Übersicht über die Phasenstruktur der beispielhaft ausgewählten Basismodelle »Lernen durch Eigenerfahrung« und »Konzeptaufbau«. Hervorgehoben sind die Ziele, die in einzelnen Phasen eingesetzte Experimente einnehmen können wie »Erfahren«, »Kontrastieren« oder »Anwenden«.

Basismodelltheorie (90 min)		Forschend-entwickelnder Unterricht (90 min)	
Hinführen zur Thematik	PP	PP	Hinführen zur Thematik
Planung der Experimente	PP	PP	Planung der Experimente
Durchführen der Experimente	Exp	Exp	Durchführen der Experimente
Präsentation der Ergebnisse	Folien	Folien	Präsentation der Ergebnisse
Auswertung und Analyse der Ergebnisse	PP	PP	Auswertung und Analyse der Ergebnisse
Durcharbeiten eines Beispiels	PP	PP	Durcharbeiten eines Beispiels
Transfer und weitere Anwendungsbeispiele	PP + GA	PP + GA	Transfer und weitere Anwendungsbeispiele
Vorhersage eines Experiments	Exp	EXP	Vorhersage eines Experiments

**3** Übersicht über die zeitliche Einteilung der Doppelstunden nach der Basismodelltheorie (links) bzw. dem forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahren (rechts). PP steht für eine Bildschirmpräsentation, GA für Arbeit in Kleingruppen, Exp für ein Experiment. Die Höhe der einzelnen Zeilen deutet auf die relative zeitliche Länge der betreffenden Unterrichtsphase. Insgesamt sind die Lernzeiten gleich, innerhalb der Stunden gab es minimale Unterschiede in den Dauern einzelner Phasen.

werden jedoch nicht als äußere Tätigkeit beschrieben, sondern durch Ziele charakterisiert, die die Kognition der Lernenden adressieren. Dazu ein Beispiel: **[Tab. 1]** listet die Handlungsschritte zu zwei ausgewählten Lehrzielen (sehr grob) auf. Demnach beginnt eine Lerneinheit zum *Lernen durch Eigenerfahrung* damit, dass sich die Gruppe mit dem Kontext vertraut macht und ihre (experimentellen) Handlungen plant. Ver-

traut-Werden und Planen betreffen die Kognition der Lernenden. Es sind keine äußerlichen Tätigkeitsbeschreibungen, auch ist keine Unterrichtsmethode auf eindeutige Weise mit diesem Schritt verbunden. Welche Methode wie eingesetzt wird, ist Sache der Entscheidung der Lehrkraft. Die je fünf Schritte zu einem Lehrziel bilden eine Reihung, die einen Lernprozess auf den Weg bringt. Jede dieser Reihungen heißt in

diesem Ansatz *Basismodell* und bildet eine *Tiefenstruktur* des Unterrichts ab, weil sie mit dem inneren Verstehenszusammenhang eng verbunden ist. Der theoretische Ansatz heißt daher auch *Basismodelltheorie* (BMT). Rein äußerlich, auf der Ebene der *Sichtstruktur*, sind Tätigkeiten der Schülerinnen und Schüler zu erkennen. Weiter unten wird an einem Beispiel gezeigt, dass diese Sichtstruktur nicht auf einfache Weise auf die

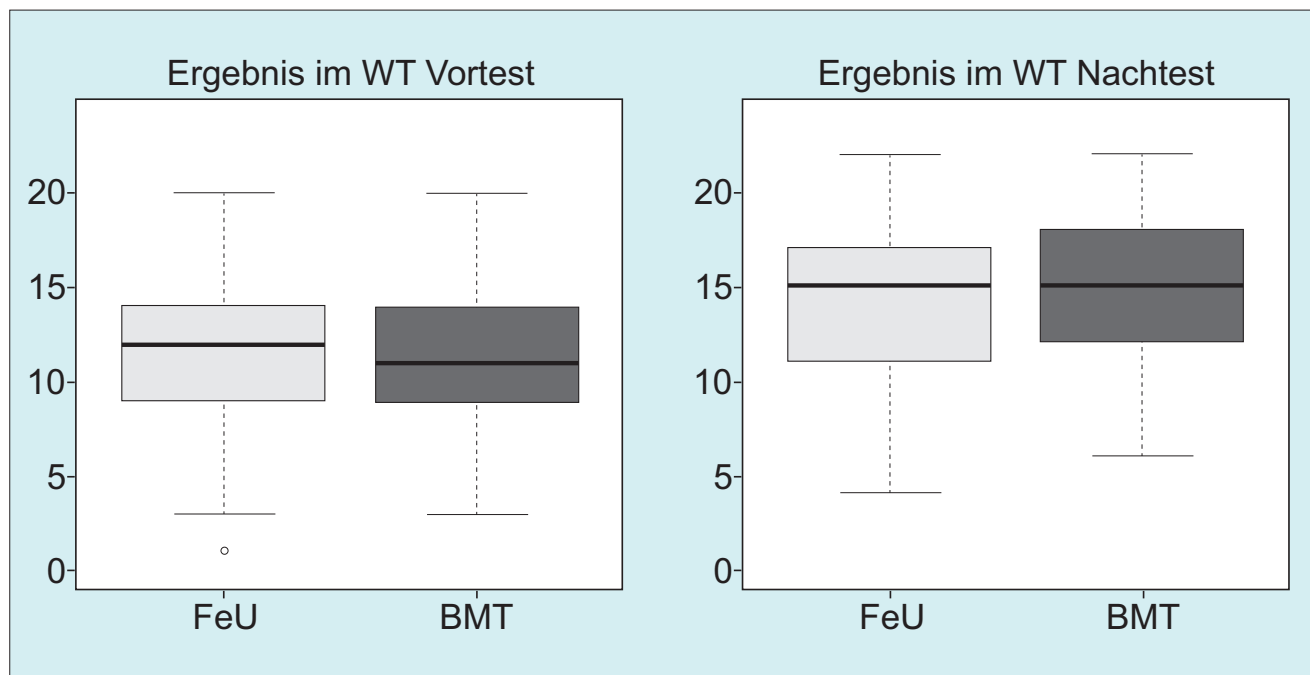
Tiefenstruktur schließen lässt. Das liegt daran, dass zwischen diesen beiden Ebenen keine umkehrbar eindeutige Beziehung besteht. Der Ansatz ist inspiriert von der generativen Transformationsgrammatik Noam Chomskys, die ebenfalls Tiefen- und Oberflächenstruktur der Sprache unterscheidet. Dort ist – vereinfachend gesagt – die Tiefenstruktur mit der Bedeutung der Sprache verbunden, die sich in unterschiedlichen konkret ausgesprochenen Sätzen, also unterschiedlichen Oberflächenstrukturen manifestieren kann. Der instruktionstheoretische Ansatz, der hier umrissen wird, wird daher zuweilen auch als eine »Grammatik des Lehrens und Lernens« bezeichnet. Die Bezugnahme auf die Sprache ist aus verschiedenen Gründen instruktiv, einer sei hier ausgeführt: Muttersprachler sind in der Regel in der Lage, ihre Sprache fehlerfrei zu verwenden. Ihre Grammatik zu explizieren, ist jedoch nur einer entsprechend ausgebildeten Minderheit möglich, und entsprechend ist auch der Sprachunterricht Sache von Experten – obwohl doch so viele Menschen »Deutsch können«. Ähnlich in der Schule: Unterricht, auch guten Unterricht, zu halten, ist durchaus auch immer wieder Menschen möglich, deren diesbezügliche Ausbildung kurz oder gar nicht vorhanden ist. Die theoretischen Grundlagen dieses Unterrichts zu explizieren, ist jedoch nur Personen

möglich, die einen entsprechenden Bildungshintergrund haben, und demgemäß erfolgt die Lehrer(innen)bildung zu einem großen Anteil in einem Expertenumfeld, und eben – hoffentlich – nicht durch einfaches Nachahmen.

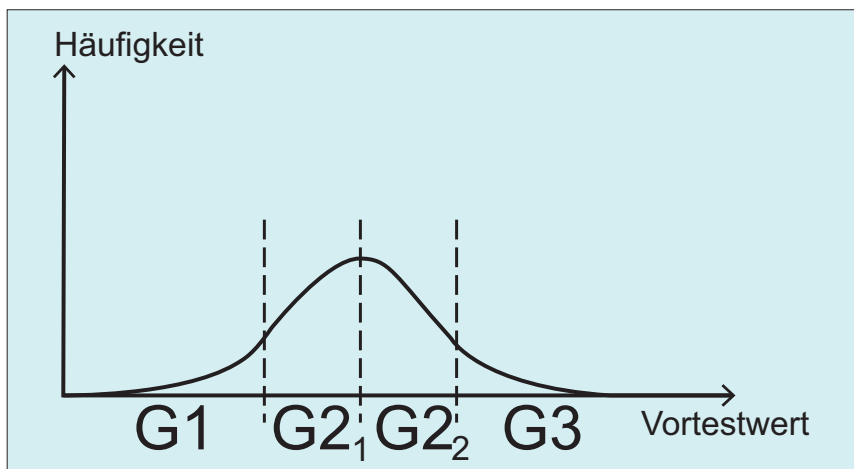
## Befunde

Aber lässt sich die Eignung dieses Ansatzes empirisch erhärten? Christian Maurer führt seit 2011 eine ausgedehnte Studie zu dieser Frage in meiner Arbeitsgruppe durch. Dazu hat er eine dem instruktionstheoretischen Ansatz entsprechende Doppelstunde zur Einführung der physikalischen Größe des *Impulses* entworfen. Diese Größe hat Verwandtschaft zu dem, was wir im Alltag vielleicht als »Wucht« oder »Schwung« eines bewegten Gegenstands bezeichnen würden. Die Doppelstunde zielt inhaltlich darauf, dass die Schülerinnen und Schüler erfahren, welcher Zusammenhang zwischen dem *Impuls* eines Gegenstands und seiner Geschwindigkeit bzw. seiner Masse besteht. Darüber hinaus wird die so erfahrene Größe mit dem neuen Begriff *Impuls* belegt. Die Doppelstunde umfasst damit Aspekte des *Lernens durch Eigenerfahrung* und des *Konzeptaufbaus*. Aus diesem Grund weist sie eine komplexere Struktur als jene auf, die

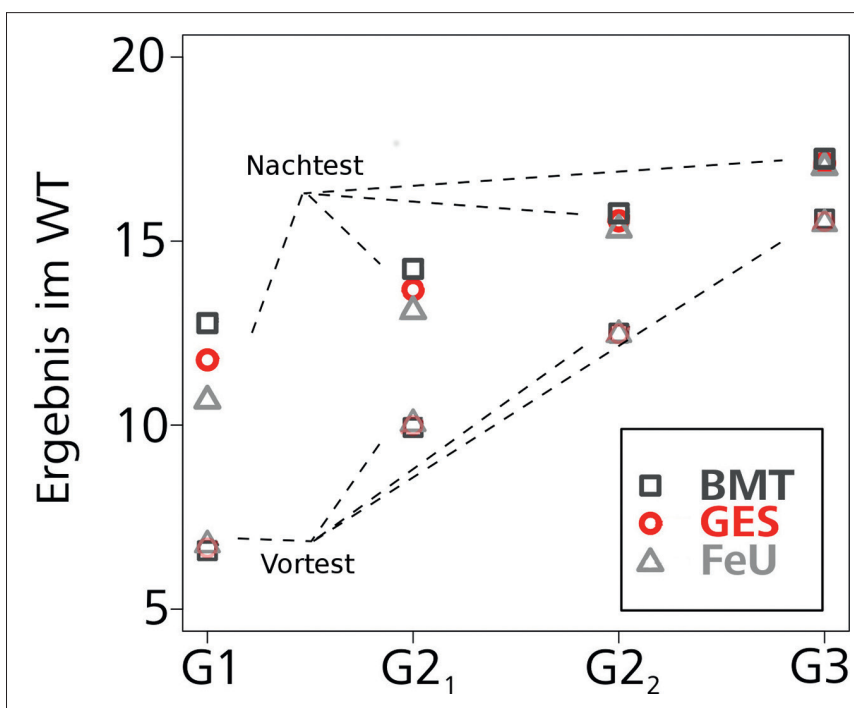
nur fünf Schritte umfassen würde – die beiden genannten Lehrziele werden hier kombiniert. Diese Doppelstunde wird mit einer solchen verglichen, die in ihren inhaltlichen Zielsetzungen, eingesetzten Medien, Methoden und der Lernzeit der ersten entspricht, jedoch einem anderen theoretischen Ansatz folgt. Dieser Vergleichsansatz ist unter der Bezeichnung »*Forschend-entwickelndes Unterrichtsverfahren*« (FeU) bekannt. Der Vergleich bietet sich an, weil beide Ansätze in der Literatur so genau ausgeführt sind, dass es möglich ist, danach Unterricht zu planen, und weil die Hauptautoren beider Ansätze für sich in Anspruch nehmen, dass ihr Vorschlag optimal sei – eine sehr schöne Vorlage für einen Wettstreit. Der Vergleichsansatz unterscheidet sich jedoch in einem möglicherweise bedeutenden Detail: Anders als es das Basismodell *Konzeptaufbau* nach BMT vorsieht, werden in der FeU-Stunde alle neuen Erkenntnisse durch Abstraktion aus dem Experiment gewonnen und nicht auch durch die Lehrkraft erklärt, dargestellt. Abbildung [3] stellt die beiden Doppelstunden einander gegenüber. Diese Übersicht ist mit den Abfolgen in [Tab. 1] nicht direkt zur Deckung zu bringen, da, wie eben beschrieben, für die Doppelstunde nach Basismodelltheorie die Basismodelle *Lernen durch Eigenerfahrung* und *Konzeptaufbau* kombiniert wurden.



4 Im Vortest unterscheiden sich die Gruppen FeU und BMT nicht signifikant, auch nicht hinsichtlich ihrer Varianz (sichtbar an den ober- und unterhalb der Boxen angedeuteten Intervallgrenzen). Im Nachtest ergibt sich ein hoch signifikanter Unterschied zugunsten BMT für die Mittelwerte, jedoch mit kleiner Effektstärke (nicht im Boxplot gezeigt). Die Mediane (dunklere Linie inmitten der Boxen) sind gleich. Die Varianz in der BMT-Gruppe im Nachtest ist gegenüber dem Vortest signifikant kleiner.



5 Die Versuchsteilnehmer werden in vier Untergruppen geteilt, wobei die Verteilung ihrer Vortestwerte zugrunde gelegt wird: G1 ist die Gruppe der Schülerinnen und Schüler, deren Vortestergebnis mehr als eine Standardabweichung vom Mittelwert der Stichprobe nach unten abweicht, G3 entsprechend nach oben. Die beiden Gruppen G2 sind auf Testwerte bezogen, die innerhalb einer Standardabweichung nach unten bzw. nach oben angesiedelt sind.



6 Gruppe G1 profitiert am deutlichsten. Mit zunehmend gutem Ergebnis im Vortest nimmt der Lernzuwachs ab, jedoch: In allen Gruppen ist die BMT-Studie diejenige, die am ehesten in der Lage ist, die Unterschiede zum Vortestergebnis zu verkleinern.

Die Abbildung zeigt, dass sich die Stunden auf der Ebene der Sichtstruktur praktisch nicht unterscheiden. Aus der Sicht von Nicht-Experten findet in beiden Fällen dasselbe statt. Das erinnert an das oben berichtete Ergebnis, wonach die Frage der sogenannten Lehrer- oder Schülerzentrierung für die Kompetenzentwicklung keine Bedeutung habe. Diese Begriffe sind zumindest im allgemeinen Verständnis auf der Sichtstruktur angesiedelt und erfassen keine relevanten Bedingungen für das Lernen.

Rund 800 Schülerinnen und Schüler (10. Klassenstufe, Gymnasium) haben seither einen Unterricht wahlweise nach der einen oder nach der anderen Methode in unserem Lernforschungslabor erlebt. Vor und nach dem Unterricht bearbeiteten sie einen Wissenstest, zudem wurden weitere Parameter zur Emotion erhoben. Für den Wissenstest ergibt sich ein Vorteil zugunsten der BMT-Stunde [4]. Für ein angemessenes Verständnis der Abbildung ist es wichtig, die Begriffe »Signifikanz« und

»Effektstärke« auseinanderzuhalten: Ein Ergebnis heißt signifikant, wenn es hochwahrscheinlich nicht-zufällig ist. Es ist damit aber noch nicht unbedingt bedeutsam, denn auch nicht-zufällige Ereignisse können unbedeutend sein. Der Begriff der Signifikanz ist also in einer Weise konnotiert, die ihm in der Statistik nicht entspricht. Seine allgemeine, etwas irreführende Konnotation entspricht eher dem Begriff der Effektstärke, diese sagt etwas über die Bedeutsamkeit eines Effekts aus.

Interessant ist eine genauere Analyse der Testergebnisse, wenn das Vortestergebnis als Moderatorvariable hinzu gezogen wird. Dazu wird die Gruppe der Versuchsteilnehmer in vier Untergruppen unterteilt, wie es Abbildung [5] zeigt.

Abbildung [6] gibt Auskunft darüber, wie diese Gruppen mit dem Lernangebot umgehen.

Auch in der geschlechtsspezifischen Wahrnehmung der Unterrichtsstunden zeigen sich wichtige Ergebnisse: Die BMT-Stunde wird in wichtigen Parametern wie sozialer Eingebundenheit, Autonomieerleben, Orientierung am Ziel oder Schlüssigkeit im Unterrichtsverlauf von den Mädchen höher bewertet als von den Jungen, während dies in der FeU-Stunde entgegengesetzt ist oder die Unterschiede verschwimmen. Insgesamt ergibt sich:

- Beide Lerneinheiten bewirken einen deutlichen Lernzuwachs. Der Zuwachs in der BMT-Stunde ist höher.
- Beide Lerneinheiten verkleinern die Vortestunterschiede, die BMT-Stunde jedoch erreicht dies vor allem für die im Vortest schwachen Schülerinnen und Schüler wirksamer. Das ist mit Blick auf die eingangs beschriebene generell polarisierende Wirkung des Physikunterrichts ein wichtiges Ergebnis.
- Der BMT-Unterricht wird insbesondere von den Schülerinnen in nicht-kognitiver Hinsicht günstig beurteilt.

Angesichts der augenfälligen äußerlichen Ähnlichkeit der beiden Doppelstunden liegt die Frage auf der Hand, welche Unterschiede es sein könnten, die die hier berichteten Befunde begründen. Eine kausale Zuschreibung von Ursachen und Wirkungen ist mit der vorliegenden Studie nicht möglich. Die Analysen der inneren Strukturen der beiden Doppelstunden weisen jedoch auf folgende Unterschiede hin, die zumindest Kandidaten für Ursachen sind:

- In der Doppelstunde zum forschend entwickelnden Unterrichtsverfahren (FeU) werden alle Fachwissensbestandteile

durch Abstraktion der experimentellen Ergebnisse gewonnen. Demgegenüber sieht die Stunde nach der Basismodelltheorie vor, dass ein Teil des Fachwissens durch die Lehrkraft dargestellt wird, also nicht aus den Experimenten gewonnen wird.

- In der FeU-Stunde dienen Anwendungen primär dem Aufbau von Verbindungen zu anderen Themen. Demgegenüber sieht die BMT-Stunde die Anwendung explizit auch nur zur Übung des Gelernens vor.
- In der FeU-Stunde werden die Inhalte fächerübergreifend vernetzt, in der BMT-Stunde jedoch auch innerhalb der Physik.

## Zusammenfassung

Unsere Untersuchungen deuten stark darauf hin, dass es die Struktur des Unterrichts in seiner Tiefe ist, die Wesentliches über seine Qualität aussagt. Andererseits müssen wir einsehen, dass die vorliegenden Ergebnisse auf einen Inhaltsbereich und eine Altersgruppe beschränkt sind (hier die Gruppe der 15–16-jährigen Gymnasialisten). Zudem zieht der hier vorgestellte Vergleich nur die Lehrziele *Lernen durch Eigenerfahrung* und *Konzeptaufbau* heran,

nicht die anderen. Zwar deuten andere Ergebnisse darauf hin, dass auch hier Vorteile zugunsten der Basismodelltheorie erwartet werden dürfen, doch sind weitere Untersuchungen nötig, um die Befunde verallgemeinern zu können. Wesentlich erscheint, dass es hier gelungen ist, die Unterschiede zwischen Schülerinnen und Schülern mit schwachen Voraussetzungen besonders effizient auszugleichen, und dass der Unterricht nach Basismodelltheorie in nicht-kognitiver Hinsicht die Schülerinnen anspricht.

## Perspektiven

In der Arbeitsgruppe Didaktik der Physik an der Universität Regensburg sind weitere vergleichende Untersuchungen zu instruktionstheoretischen Ansätzen vorgesehen. Parallel treiben wir die Vorarbeiten zu einem Projekt voran, das sich auf das lernwirksame Experimentieren konzentriert. Im Sommersemester 2015 nahmen dazu insgesamt zwölf Lehrkräfte an einer Lehrerfortbildungsreihe (zweimal vier Ganztagsveranstaltungen) teil, in der zu unseren theoretischen Ansätzen Erfahrungen gesammelt wurden und videogestützte Analysen des Unterrichts erfolgten. Ein wichtiges Interesse besteht darin, unseren An-

satz für das Experimentieren für die Praxis zu validieren und dazu aus dem Kreis der Kolleginnen und Kollegen an den Schulen wichtige Rückmeldungen zu erhalten.

## Literatur

- Reinders Duit, Ralph Hepp, Karsten Rincke, Guter Frontalunterricht – lehrerzentrierte Phasen als wichtige Elemente guten Physikunterrichts. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* (2013), 135/136, S. 4–11.
- Christian Maurer, Karsten Rincke, Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen. In: Sascha Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, (2015), S. 387–389 (<http://www.gdcp.de/index.php/tagungsbaende/tagungsband-uebersicht>).
- Heinz Muckenfuß, *Lernen im sinnstiftenden Kontext*. Berlin: Cornelsen, (1995).
- Karsten Rincke, Verweilen, um voran zu kommen. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 60 (4) (2011), S. 5–11.
- Karsten Rincke, Experimentelle Inszenierungen: Unterrichtsgeschehen und Unterrichtsgespräch. *Naturwissenschaft im Unterricht Physik*, 135/136 (2013), S. 33–36.



© Referat Kommunikation UR

**Prof. Dr. rer. nat. Karsten Rincke**, geb. 1969 in Stuttgart. Physik- und Mathematikstudium für das Lehramt an Gymnasien an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und der Freien Universität Berlin, 1999 Zweites Staatsexamen, 1999–2002 Lehrer der Deutschen Schule Madrid, 2007 Promotion an der Universität Kassel. Seit 2010 Professor für Didaktik der Physik an der Universität Regensburg.

**Forschungsgebiete:** Empirisch gesicherte Beiträge zur Entwicklung einer Unterrichtstheorie für den Physikunterricht mit den Schwerpunkten Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen und Experimenten, weiterhin die Frage nach geeigneten Formen von Praxisbezügen in der Lehrerbildung für angehende Physiklehrkräfte

**Christian Maurer**, geb. 1979 in Bogen. Physik- und Mathematikstudium für das Lehramt an Gymnasien an der Universität Regensburg. 2005 erstes Staatsexamen. 2006–2008 Referendariat am Ludwigsgymnasium Straubing, 2008 zweites Staatsexamen. 2008–2011 Lehrer am Gregor-Mendel-Gymnasium in Amberg. Seit 2011 wiss. Mitarbeiter in der AG Physikdidaktik der Universität Regensburg.

**Forschungsgebiete:** Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen mit dem Ziel, die Lernwirksamkeit des Unterrichts zu erhöhen.



© Referat Kommunikation UR



# Heißes Herz und kalte Noten

## Carl Philipp Emanuel Bach zwischen Ekstase und Musikphilologie

Wolfgang Horn

Der allgemeine Brauch, runde Jubiläen aus dem Verfließen der Zeit herauszuheben, bietet im Musikleben die willkommene Gelegenheit, einem Komponisten häufiger zu begegnen als in anderen Jahren. Soll die Neugier erhalten bleiben, braucht sie Nahrung über das Jubiläum hinaus. Im Jahre 2014 wäre Carl Philipp Emanuel Bach 300 Jahre alt geworden. Er ist damit wahrlich alt genug für die Würdigung durch eine Gesamtausgabe seiner Werke, die erstmals die Statur eines der bedeutendsten Komponisten des 18. Jahrhunderts im vollen Umfang sichtbar machen wird.

### Leben und Schaffen eines Universalmusikers

Carl Philipp Emanuel (oder nach seiner eigenen Abkürzung: C. P. E.) Bach wurde am 8. März 1714 in Weimar geboren, wo sein Vater Johann Sebastian Hoforganist und Konzertmeister war, bis er 1717 das Amt eines Hofkapellmeisters in Köthen erlangte. 1723 siedelte die Familie nach Leipzig über, wo der Vater mit dem Thomaskantorat seine letzte Stelle antrat. Nach dem Besuch der Thomasschule immatrikulierte sich der Sohn – wie viele andere junge Männer jener Zeit, die eigentlich Musiker werden wollten – für das Fach Jura zunächst in Leipzig, danach in Frankfurt an der Oder. 1738 begab er sich in den Umkreis des preußischen Thronfolgers, der 1740 als Friedrich II. König in Preußen wurde und bis zu seinem Tod im Jahre 1786 den Namen „Friedrich der Große“ erwarb. 1767 bewarb sich Bach um das Kantorat am Johanneum in Hamburg, mit dem das Amt des Musikdirektors an den

fünf Hauptkirchen verbunden war. Er erhielt die Stelle und trat im März 1768 die Nachfolge seines im Vorjahr hochbetagt verstorbenen Patenonkels Georg Philipp Telemann an. Gestorben ist Carl Philipp Emanuel Bach am 14. Dezember 1788 in Hamburg.

Seinen Lebensunterhalt hat Bach im Wesentlichen mit dem Musizieren und Leiten von Aufführungen verdient; das Zentrum seiner geistigen Existenz aber war die Komposition. Wenn wir freilich heute seine Musik kaum kennen, so mag dies zwei Gründe haben. Bis in die jüngste Zeit gab



1 Carl Philipp Emanuel Bach um 1775, Pastell auf Papier, 16 x 12 cm, von Johann Philipp Bach (1752–1846) aus der entfernt verwandten Meiningener Linie der Familie Bach (Quelle: Staatsbibliothek zu Berlin B Preußischer Kulturbesitz, Mus. P. Bach, K. Ph. E. I., I Wikimedia Commons)



es keine wirklich umfassende Werkausgabe, sondern nur Einzelleistungen, die einen punktuellen Eindruck vermittelten. Daneben aber besitzt Bachs Musik auch Eigenheiten, die im Lichte heutiger Gewohnheiten und Realitäten rezeptions-hemmend wirken. Genuine Kirchenmusik gibt es bei C. P. E. Bach kaum, und sein Oratorienchaffen ist nicht groß; damit entfällt ein wichtiger Multiplikator. Bachs reine Orchesterwerke sind zwar von größter Originalität, doch folgt er in seinen immerhin 19 Sinfonien nicht demjenigen Typus, der spätestens durch Haydn als der „klassische“ etabliert worden ist. Für ein großes Sinfonieorchester sind Bachs Sinfonien insgesamt zu klein dimensioniert. Bachs Kammermusik – Triosonaten und Ähnliches – ist im Prinzip noch den Formen, wenn auch nicht dem Tonfall des Barock verpflichtet. Die klassische Edelgattung des Streichquartetts findet sich bei ihm noch nicht, obwohl er nur drei Jahre vor Mozart gestorben ist. Die zahlreichen Lieder Bachs sind von einem schlichten, odenhaften Zuschnitt; sie gehören weitgehend zur Haus- und Erbauungsmusik und taugen nicht als Programmpunkt für Liederabende. Bachs Solokonzerte sind überwiegend Cembalokonzerte, von denen er



mehr als 50 komponiert hat. Nur die größten Enthusiasten werden die akustischen Schwierigkeiten leugnen, die ein Cembalo in Verbindung mit einem Orchester hat, wenngleich für die Minderheitendisziplin der Musikanalyse in diesem bis heute noch nicht vollständig neuedierten Repertoire wahre Schätze zu heben sind.

### Cembalo, Clavichord, Hammerklavier

Wie der kurze Überblick zeigt, war C. P. E. Bach ein Universalkomponist; von Hause aus war er aber dem Klavier verbunden, was im weiten Sinn zu verstehen ist entsprechend dem englischen Begriff *keyboard*.

2 Clavichord, Christoph Friedrich Schmahl, Regensburg 1794. Im Raum von fünf Oktaven ist eine ganze musikalische Welt enthalten. Die quer zum Griffbrett liegenden Saiten werden durch Metallstifte angeschlagen. (Quelle: Michael Wackerbauer, *Die Musikinstrumente im Historischen Museum der Stadt Regensburg*. Aufnahmen von Peter Ferstl, Regensburg 2009 [= *Regensburger Studien und Quellen zur Kulturgeschichte*; 18] S. 162)

Im Klavierunterricht finden seit dem 19. Jahrhundert die ersten und prägenden Begegnungen junger Menschen mit alten Komponisten statt. Muzio Clementi (ein im Übrigen bedeutender Kopf) ist deshalb tendenziell „bekannter“ als Hector Berlioz: Eine Sonatine schafft mehr Popularität als eine Programmsinfonie. Doch der Klavierkomponist C. P. E. Bach profitiert kaum von diesem Effekt. Das hat gewiss auch zu tun mit einer durch die „Alte-Musik-Bewegung“ verstärkten, partiell sicher unberechtigten Scheu gegenüber den beiden Instrumenten, die C. P. E. Bach favorisierte: Cembalo und Clavichord.

Cembali sind imponierende Instrumente, die der Repräsentation nach außen hin dienen können. Dem großen Resonanzkörper entspricht ein voluminöser

Klang, der freilich innerhalb eines Registers aufgrund der Bauweise nicht dynamisch verändert werden kann. Eine Cembalotaste hat – ähnlich wie der Abzug eines Revolvers – einen Druckpunkt: Ist dieser überschritten, entfaltet sich stets dieselbe Kraft (natürlich mit je verschiedener Wirkung). Am Cembalo spielte C. P. E. Bach in der preußischen Hofkapelle.

Das Clavichord dagegen verfügt nicht über eine besondere Mechanik, die zwischen Tastendruck und Saitenanschlag vermitteln würde. Die Tasten sind nach Art einer Wippe gelagert. Eine Wippe hat keinen Druckpunkt: Drückt man vorne nach unten, geht das hintere, mit einem Metallstift bewehrte Ende nach oben, wobei es die horizontal darüber gespannte Saite berührt. Damit ist dynamisches Spiel möglich: Ein sanfter Druck führt zu leiseren, ein starker Druck zu lauterem Tönen; auch ein vibratoartiger Spezialeffekt, „Bebung“ genannt, ist möglich. Allerdings ist die Grundlautstärke eines Clavichords sehr niedrig. Das Clavichord ist ein Instrument für das Wohnzimmer, in dem allenfalls wenige Zuhörer Platz finden können, welche kein abgesondertes Publikum bilden, sondern intensiv in die musikalische Kommunikation einbezogen werden. Das Clavichord war das Instrument, das der Privatmann Bach zu Hause spielte, wenn er ganz Musiker sein wollte, ohne auf starre Etikette und Repräsentation achten zu müssen.

Die Möglichkeit dynamisch abgestuften Spiels war unerlässlich für den Kern von Bachs Musikverständnis: Musik konnte und sollte gemäß ihrem postulierten Endzweck die Bewegungen des Innenlebens, die Emotionen und Leidenschaften nach außen tragen: „Aus der Seele muss man spielen, nicht wie ein abgerichteter Vogel“. Dieser Satz C. P. E. Bachs gilt für Produktion und Reproduktion von Musik gleichermaßen.

Es gibt ein erhellendes und daher immer wieder zu zitierendes Zeugnis des englischen Musikschriftstellers Charles Burney, der über einen Besuch bei Bach in Hamburg im Jahre 1772 schrieb:

*„After dinner, which was elegantly served, and cheerfully eaten, I prevailed upon him to sit down again to a clavichord, and he played, with little intermission, till near eleven o'clock at night. During this time, he grew so animated and possessed, that he not only played, but looked like one inspired. His eyes were fixed, his under lip fell, and drops of effervescence distilled from his countenance. He said, if he were*

*to be set to work frequently, in this manner, he should grow young again. He is now fifty-nine, rather short in stature, with black hair and eyes, and brown complexion, has a very animated countenance, and is of a cheerful and lively disposition.“*

den Spieler gewann dieses aus dem tiefsten Inneren kommende (wenngleich musikalisch präformierte) Musizieren eine geradezu kathartische oder therapeutische Wirkung: „he should grow young again“. Und in der Tat gehören Entlastung von

3 Carl Philipp Emanuel Bach, „Fantasia“, letztes Stück der Notenbeigabe zum „Versuch über die wahre Art das Clavier zu spielen“ (Berlin 1753); Faksimile nach dem Originaldruck (u. a. zu finden unter [www.imslp.org](http://www.imslp.org)). Im Kupferstich, häufig von Frauen ausgeführt, zeigen sich noch deutliche Eigenheiten eines handschriftlichen Notats, etwa geschwungene Balken.

Solche Musik ist das ideale Medium „empfindsamer“ Ästhetik, konnte so doch die im 18. Jahrhundert gewissermaßen neuentdeckte und für wesentlich erachtete emotionale Seite des Menschseins zur wahrnehmbaren Erfahrung gebracht werden, ohne dass dies in persönlichen und peinlichen Exhibitionismus mündete. Für

Stress jeglicher Art wie auch Heilung oder Linderung von psychischen und physischen Leiden zu den Wirkungen, die man der Musik von alters her zugeschrieben hat.

Bekanntlich gab es zu Bachs Zeiten auch schon Hammerklaviere oder „Fortepianos“. Die hervorsteckende Qualität eines Fortepianos war die Verbindung von trag-

fähigem Klang nach Art des Cembalos einerseits, der Fähigkeit dynamischer Abstufung nach Art des Clavichords andererseits. Obwohl diese Qualitäten Bachs Idealen durchaus entsprachen, spielte das Fortepiano für ihn nur eine Nebenrolle – aus welchen Gründen auch immer. Entgegen rigorosen Positionen im Hinblick auf „klangliche Authentizität“ mag man es dennoch für vertretbar halten, moderne Klaviere – auf denen man dynamisch, aber durchaus auch delikate spielen kann – für die Interpretation der Musik C. P. E. Bachs zu verwenden. Wenn man zugesteht, dass dies nicht Bachs Instrumente waren, und wenn man Gründe für die Wahl angibt, dann hat man den Basisnormen eines rationalen Diskurses Genüge getan.

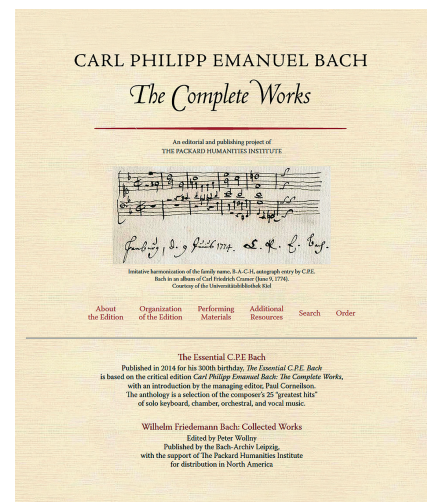
Der Musiker C. P. E. Bach war im Fantasierer ganz bei sich selbst. Aber Bachs Improvisationen sind für immer verklungen; verbale Berichte über das Unerhörte lassen uns den Verlust nur umso empfindlicher spüren. Nun gab es freilich (spätestens seit der Renaissance) eine Überlebensversicherung für Musiker: das Komponieren. Die Dokumente der Komposition sind Notentexte, die auf Papier überdauern. Gutes Fantasieren zeugt von Ingenium, im Wortsinne also von „angeborener Fähigkeit“; passables Komponieren zeugt von disziplinierten Lernerfolgen. Fantasieren ohne Disziplin ist vergänglich, Disziplin ohne Fantasie ist langweilig. C. P. E. Bach hat einige seiner Fantasien aufgeschrieben; das ist aber die Ausnahme geblieben, und diese Stücke gehören zu den merkwürdigsten Notentexten des 18. Jahrhunderts. Im wiedergegebenen Beispiel ist zwar 4/4 (C) vorgezeichnet, aber Taktstriche gibt es nicht, weil die Bewegung nicht auf einem regelmäßigen Puls beruht. Aufgeschriebene Fantasien sind widersprüchliche Gebilde, sozusagen Schnappschüsse, in denen die Spontaneität tiefgefroren wird. Aber sie lassen immerhin das Leben unter dem Eis erahnen.

Das eigentliche, „normale“ Komponieren bedient sich zur Entlastung von der Forderung kontinuierlicher Ekstase einiger konventioneller Formen, z. B. der „Sonatenhauptsatzform“, an deren Etablierung C. P. E. Bach maßgeblichen Anteil hatte. Aber gute Musik erschöpft sich nicht in der Erfüllung von Konventionen; sie soll auch einen „Gehalt“ haben. Es gibt zwar keine Apparate, mit denen man den Inspirationsgehalt einer Komposition messen könnte. Aber es gibt im Hinblick auf das Gesamtschaffen eines Komponisten doch so

etwas wie einen Grundkonsens unter den Interessierten und Gebildeten, der die Wertschätzung eines bestimmten Komponisten innerhalb einer bestimmten Schwingungsbreite fixiert und nicht ständig von neuem die Gretchenfrage stellt. Ein solcher Grundkonsens besagt über C. P. E. Bach, dass er zu den bedeutendsten Komponisten des mittleren 18. Jahrhunderts gehört. Wohlmeinende Geburtstagsreden reichen nicht aus, dieses Urteil wirklich zu fundieren. Vielmehr bedarf es eines umfassenden, reflektierenden wie praktischen Studiums der Werke. Dafür fehlte bisher in empfindlicher Weise die Grundlage.

### Die Sicherung des kompositorischen Vermächnisses

Ein bedeutender Komponist verdient eine Gesamtausgabe seiner Werke. Solche Ausgaben sind keine ABM-Maßnahmen für Philologen; sie entspringen vielmehr dem Bedürfnis, die wenigen wirklich herausragend kreativen Komponisten in allen ihren Äußerungen kennenzulernen, wobei man unterstellt, dass sich das grundsätzlich vorhandene Ingenium auch noch in den kleinsten Gebilden zeigt (zuweilen womöglich in homöopathischer Verdünnung). Durch das Konzept der Gesamtausgabe erspart man sich das Dilemma einer Auswahl, die immer zu Streit führen würde. Neben all den ephemeren Aktivitäten des Jubiläumsjahres ist seit einiger Zeit endlich eine solche Ausgabe in Arbeit, und sie schreitet in erstaunlichem Tempo voran, was vielleicht auch damit zusammenhängt, dass sie nicht von staatlicher Seite alimentiert wird, sondern von einer privaten Stiftung. Die Ausgabe „Carl Philipp Emanuel Bach – The Complete Works“ wird getragen vom „Packard Humanities Institute (PHI)“. (Um naheliegende Fragen kurz zu beantworten: Ja – der Name „Packard“ hat zu tun mit einem Mitglied der bekannten Familie; nein – PHI „is not associated in any way with any Hewlett-Packard Company foundations“ [www.packhum.org].) Die Bände werden mit der denkbar größten wissenschaftlichen Kompetenz und Sorgfalt von Editoren aus verschiedenen Ländern erstellt, und das geforderte Niveau garantieren auch die Kooperationspartner, unter denen hier nur das Bach-Archiv Leipzig genannt sei, das gewissermaßen der Weltmarktführer in Fragen der Bach-Philologie ist.



4 Anfangsseite des Internetauftritts der „Complete Works“ unter [www.cpebach.org](http://www.cpebach.org). Die Rubriken unter dem Notenbeispiel stellen Links dar, die zu einer Fülle von substantiellem Material führen. (Quelle: <http://cpebach.org>)

Neben einem „Editorial Board“, das für die Ausarbeitung der generellen „Editorial Guidelines“ zuständig war und ist, gibt es eine Zentralredaktion mit mehreren Mitarbeitern, die in einem „Editorial Office“ in Cambridge/Mass. angesiedelt sind und darauf achten, dass die einzelnen Bandherausgeber die „Guidelines“ und (was freilich das größere Problem ist) gesetzte Termine einhalten. Die Mitglieder des „Editorial Staff“ versorgen die Bandherausgeber mit Kopien aller relevanten handschriftlichen und gedruckten Quellen zu jedem einzelnen Werk, und sie redigieren die eingereichten Druckvorlagen. Die modernen digitalen Reproduktionsverfahren und die Möglichkeiten, auch große Datenmengen über das Internet zu verschicken und am Bildschirm zu betrachten, erleichtern, verbilligen und beschleunigen die Arbeit gegenüber der früheren „Mikrofilmzeit“ erheblich.

Jede seriöse Gesamtausgabe ist komplett vorausgeplant. Durch die 1999 bekannt gewordene Auffindung der nach dem 2. Weltkrieg in die UdSSR verbrachten Bestände der „Berliner Singakademie“ in Kiew und deren Rückführung nach Berlin 2001 konnten gleichsam in letzter Minute auch noch die bislang weitgehend unbekannt Stücke berücksichtigt werden, die C. P. E. Bach in Hamburg zur Erledigung seiner Dienstaufgaben komponiert oder – in weit höherem Maße – aus Fremdmaterial kombiniert hat. Diese Stücke haben einen positiven Nebeneffekt dadurch, dass auch einige sonst weniger beachtete,

dabei durchaus beachtliche Komponisten wie etwa Gottfried Heinrich Stölzel oder Georg Anton Benda Aufmerksamkeit auf philologisch hohem Niveau gewinnen, die sie ohne den Katalysator Bach kaum erlangt hätten. In erster Linie aber macht dieser Bestand erfahrbar, dass Musik nicht nur aus „Werken“ im Sinne persönlich zu-rechenbarer Schöpfungen besteht, sondern – ebenso wie eine Kirche mit ihrer künstlerischen Ausstattung – zum Inventar einer Stadt und damit zum Kulturbetrieb einer Zeit im weitesten Sinne gehört.

Die Gliederung der Gesamtausgabe vermittelt einen Eindruck vom Umfang des Bachschen Schaffens; genannt werden im Folgenden nur die jeweils höchsten Einteilungskategorien, die sich in viele Untergruppen verzweigen: (I) Keyboard Music (18 Bände); (II) Chamber Music (7); (III) Orchestral Music [including Concertos] (29); (IV) Oratorios and Passions (24); (V) Choral Music (19); (VI) Songs and Vocal Chamber Music (4); (VII) Theoretical Writings (3); (VIII) Supplement (5). Das sind – wenn ich richtig gezählt und gerechnet habe – nicht weniger als 109 stattliche Bände mit ausführlicher Einleitung, kritisch ediertem Notentext und einem umfangreichen „Kritischen Bericht“, der eine minutiöse Beschreibung und Bewertung der Quellen enthält und die Abweichungen des Ausgabentextes von den gewählten Leitquellen verzeichnet. Im März 2015 lagen immerhin schon 65 Bände vor.

Zu den noch nicht erhältlichen Bänden gehören auch zwei, für die der Autor dieses Textes verantwortlich ist (und die dessen Beteiligung und Interesse an der Thematik begründen). Dabei sind die Bände „im Prinzip“ fertig, und die wichtigsten Probleme sind längst geklärt. Zu Verzögerungen führen aber, was hier nur angedeutet sei, immer wieder Diskussionen über die angemessene Präsentation des Notentextes, der ja nicht nur ein stets in derselben Weise zu transkribierender „Code“ ist,

sondern mittels seiner puren graphischen Erscheinungsweise suggestiv wirkt. Betrachten wir nur das Beispiel der „Fantasia“, das nach einem Kupferstich gedruckt wurde, der es z. B. erlaubt, dem großen Sechzehntelbalken im ersten System eine geschwungene Form zu geben, die im modernen Druck begründet würde. Oder die vier ersten Achtel in der rechten Hand zu Beginn des zweiten Klaviersystems: Hier ist das erste Achtel durch eine sogenannte „Balkenknicke“ von den drei übrigen Achteln abgesetzt und könnte dadurch ein leichtes Absetzen suggerieren, während im modernen Druck der Balken komplett unterhalb der Noten verlief. Natürlich streiten wir nicht über derartige Subtilitäten, aber entscheidend ist, dass die „Information“ eines Notentextes graphische Eingriffe nur scheinbar unbeschadet überlebt. Denn wenn ein Cembalist oder Pianist sagt (wofür Belege beigebracht werden könnten), dass er im einen Fall durchaus anders spielen würde als im anderen, dann vermitteln die unterschiedlichen Notenbilder offenbar doch unterschiedliche Informationen. Der Editionsteufel steckt im Detail.

Aber kann man sich nicht starr nach den Quellen richten und diese mehr oder minder genau abschreiben? Wohl nicht, denn die Notationspraxis der Quellen selbst ist nicht durchweg konsequent, und es gibt zudem viele Stücke, die in zehn und mehr Quellen überliefert sind, ohne dass man sich auf eine einzige Quelle stützen könnte. Hier greifen die „Editorial Guidelines“ der Ausgabe ein: Sie wollen für eine Art „Corporate Identity“ sorgen, was neben dem Effekt der Beseitigung von funktionslosem Wildwuchs durchaus auch die Gefahr der Ausmerzungen bewahrenswertere Differenzen in sich birgt. Das Problem wird potenziert durch eine Eigenheit Bachs. Denn es zeigt sich, dass er an seinen Texten weitergearbeitet hat, wann immer er ein älteres Manuskript aus dem Schrank zog. Zuweilen betrifft dies sogar

Werke, die bereits gedruckt worden waren. Neben der Etablierung eines modernen, nach explizierten Grundsätzen begründbaren Notenbildes ist demnach die Qualifizierung der überlieferten Quellen ein zentrales Anliegen der Ausgabe.

Würden die „Complete Works“ nur Musikphilologie für Musikphilologen produzieren, dann müsste man darüber kaum berichten. Die Ausgabe zeichnet sich aber dadurch aus, dass sie durch sinnvollen Einsatz der Möglichkeiten des Internet ihre Türen weit öffnet, ohne Eintrittsgelder zu erheben. Alle Interessierten sind eingeladen, die Ausgabe unter [www.cpebach.org](http://www.cpebach.org) zu besuchen. Man findet dort nicht nur bibliographische Informationen, sondern zu jedem bereits erschienenen Band die gesamten Textteile zum Herunterladen. Das schönste Angebot findet sich aber unter dem Link „Performing Materials“: Hier kann man für alle Kammermusik- und Orchesterwerke die Stimmen herunterladen, die man zur Aufführung braucht. Freilich fehlen im Moment noch die Partituren selbst als das Herzstück editorischer Arbeit; womöglich werden sie nach Abschluss des Gesamtprojekts in einigen Jahren auch im Netz verfügbar sein. Bis dahin aber – und noch viel länger, da komponierte Musik und Papier kaum zu trennen sind – werden die Partituren in den gedruckten Bänden zu studieren sein, die in der Regensburger Universitätsbibliothek fortlaufend erworben werden. Die Ausgabe der „Complete Works“ von C. P. E. Bach könnte in der Musik das erste wirklich glückende Beispiel für ein sinnvolles, Forschung und Musikpraxis befruchtendes Zusammenwirken digitaler Medien einerseits, konzentrierter geistiger Arbeit andererseits darstellen. Auf dieser Basis darf man getrost sagen:

*Carl Philipp Emanuel Bach –  
ad multos annos!*



© Referat Kommunikation UR

**Wolfgang Horn**, geb. 1956 in Stuttgart, ist nach Stationen in Hannover, Tübingen und Erlangen seit 2002 Inhaber des Lehrstuhls für Musikwissenschaft. Carl Philipp Emanuel Bach stand schon im Zentrum einer im Jubiläumsjahr 1988 erschienenen Buchpublikation (inzwischen verfügbar unter <http://epub.uni-regensburg.de/27749>), in der zum ersten Mal die detaillierten Erkenntnisse der Schreiberforschung zum Schaffen Johann Sebastian Bachs auf das Werk des Sohnes angewendet wurden.

**Forschungsschwerpunkte:** Musik und Musiktheorie vom 16.–18. Jahrhundert mit Schwerpunkten auf Venedig, Dresden und Carl Philipp Emanuel Bach. Kommentierte Editionen von Kompositionstraktaten (u. a. Heinichen und Albrechtsberger). Leiter der Denkmälerreihe „Das Erbe deutscher Musik“.

# Der Kampf des Gehirns gegen eindringende Krebszellen

## Die organspezifische Abwehr

Tobias Pukrop

Auch heute noch versterben viele Menschen an den Folgen der Metastasierung durch solide Tumore (Lungenkrebs, Dickdarmkrebs, Brustkrebs etc.). Dennoch sind der genaue zeitliche Ablauf und die molekularen Mechanismen nur partiell verstanden. Vereinfacht kann dieser komplexe Prozess nach dem Aufenthaltsort der Krebszellen in drei Blöcke eingeteilt werden: i) die Phasen am Entstehungsorgan; ii) die Phasen im Blut- oder Lymphsystem; iii) und die Phasen im fremden Organ. In den letzten Jahren hat man durch genetische Untersuchungen festgestellt, dass sich erfolgreich metastasierte Krebszellen früher als erwartet vom Entstehungsort lösen und sich andernorts sogar weiter entwickeln (parallele Evolution). Zudem ist bekannt geworden, dass sich bei vielen Patienten Krebszellen im Blut oder Knochenmark nachweisen lassen, die aber erstaunlicherweise später keine Metastasen entwickeln. Somit müssen viele Krebszellen noch im Blut oder im fremden Organ erfolgreich aufgehalten werden. Aber gerade die letzten Phasen der Metastasierung im fremden Organ sind nur rudimentär erforscht. Interessanterweise ergaben einige Arbeiten, dass beinahe alle Krebszellen kurz nach dem Austritt aus dem Blutgefäß in dem fremden Organ sehr schnell

absterben. Somit scheint das Überleben in einer unbekannteren Umgebung für die Krebszellen nicht nur das größte Hindernis, sondern auch der entscheidende Faktor über Leben und Tod zu sein. Aus diesen Gründen widmet sich unsere Arbeitsgruppe intensiv dieser letzten Phase der Metastasierung und der Frage, wie sich das fremde Organ gegen eindringende Krebszellen wehrt.

Kann sich ein Organ überhaupt gegen eindringende Krebszellen wehren? Bisher ging man davon aus, dass die meisten Krebszellen durch das Immunsystem direkt im Blut bekämpft werden. Unter dieser Immunabwehr versteht man die Aktivität der Monozyten, Granulozyten, B- und T-Zellen, die normalerweise fremde Organismen (Bakterien, Viren) bekämpfen. Insbesondere die T-Zellen spielen aber auch eine wichtige Rolle bei der Beseitigung von entarteten Körperzellen. Aus diesem Grund beschäftigt man sich bis heute intensiv mit der T-Zell-Antwort gegen den Krebs und wie sich Krebszellen vor diesem T-Zell-Angriff schützen können. Ein Ergebnis dieses Forschungsgebietes war die Identifikation von Regulatoren (Immun-Checkpoints), mit denen T-Zellen gehemmt und damit ineffizient werden. Therapeutisch kann

dieser Mechanismus nun bei vielen Krebsarten genutzt werden, indem diese Hemmung durch Antikörper aufgehoben werden und die T-Zelle in einen aktivierten Zustand überführt wird (Prinzip der Immun-Checkpoint Blockade). Diese Therapie kann selbst bei makroskopischen Organmetastasen sehr effektiv sein.

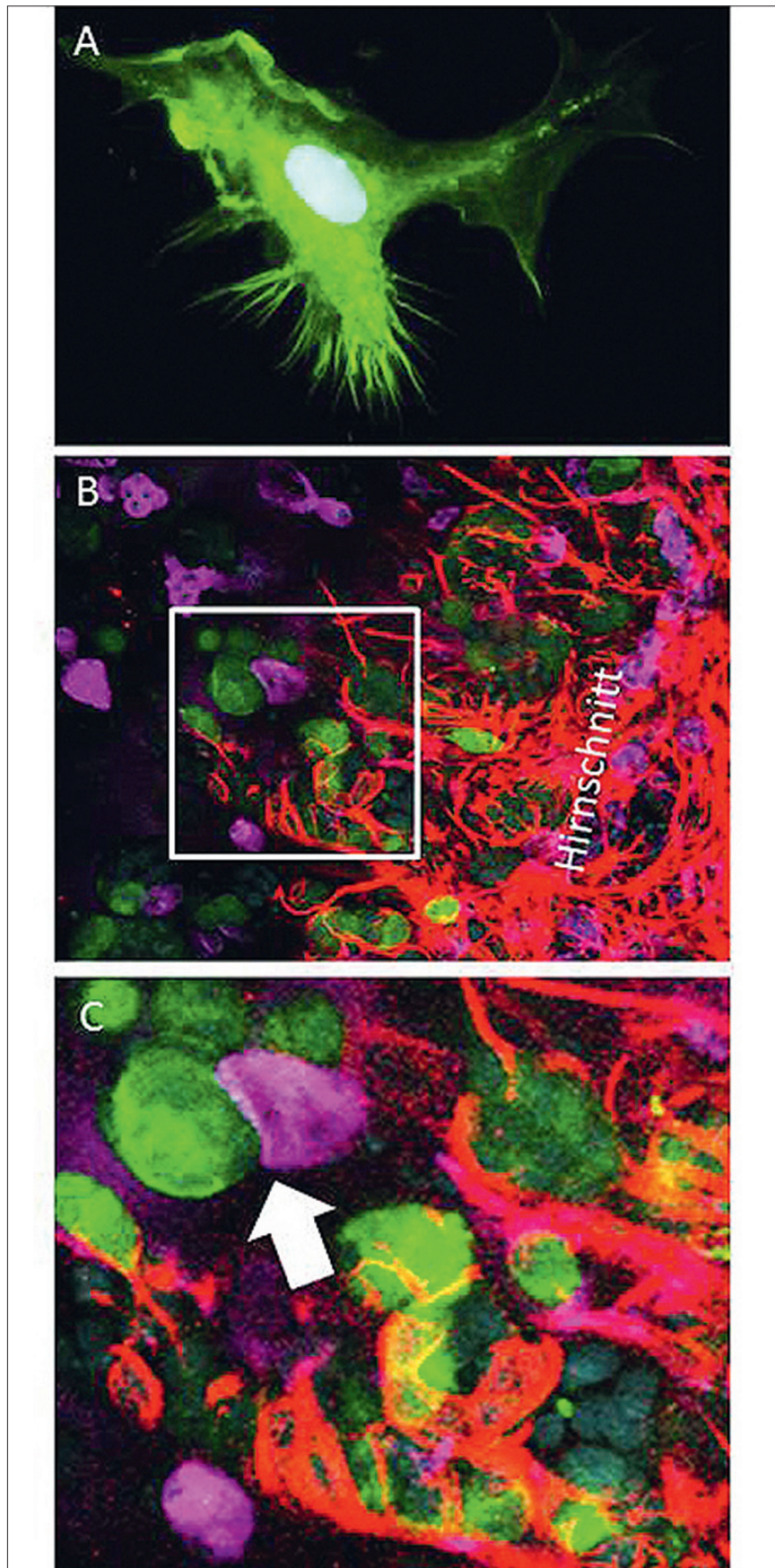
Die T-Zell-Aktivität gegen die Krebszellen kann aber nicht die Ursache für das Absterben der Krebszellen direkt nach dem Eindringen in die fremden Organe sein, da T-Zellen in dieser Phase der Metastasierung nicht anwesend sind. Es stellt sich also die Frage, ob andere Abwehrsysteme für das Absterben der Krebszellen in dieser Phase der Metastasierung verantwortlich sind oder ob die Krebszellen das fremde Milieu einfach nicht vertragen? In diesem Zusammenhang ist interessant, dass viele Organe eigene Abwehrzellen, sogar Abwehrsysteme, besitzen, die über einzigartige Eigenschaften verfügen. Unsere Arbeitsgruppe beschäftigt sich speziell mit den organspezifischen Makrophagen des Gehirns, der Mikroglia, und welche Rolle der Mikroglia während der Kolonisation von Krebszellen im Gehirn zukommt. Unter Kolonisation versteht man den Prozess, nachdem sich die Krebszellen im fremden Organ angesiedelt haben und tatsächlich

Das Gehirn besteht hauptsächlich aus vier Zellarten: 1. den Nervenzellen (Neurone), 2. den Oligodendrozyten, die Nervenscheiden ausbilden und die Nervenfasern isolieren, 3. den Astrozyten und 4. den Mikroglia. Die Astrozyten, Oligodendrozyten und Mikroglia werden auch unter dem Begriff Glia zusammengefasst. Die Astrozyten dienen der Ernährung und Fürsorge der Nervenzellen und sorgen für den strukturellen Aufbau des Gehirns. Die Mikroglia sind anteilmäßig die kleinste gliale Zellpopulation. Sie sind aber die erste Verteidigungslinie, und sobald ein Schaden im Hirngewebe entsteht, werden sie aktiviert und versuchen diesen zu beseitigen. Hierzu nehmen sie ganz häufig die Astrozyten zur Hilfe. Früher hatte man angenommen, dass die Mikroglia ausgewanderte Makrophagen (Fresszellen) des Blutes sind. Dies hat sich erst in den letzten Jahren ganz anders dargestellt. Aktuell gibt es Hinweise, dass die Mikroglia sehr früh in der Embryoentwicklung entsteht, lange bevor sich das eigentliche Blut bildet. Somit ist die Mikroglia eine völlig eigenständige organspezifische Makrophagenart, die sich auch von allen anderen Fresszellen signifikant unterscheidet. Vergleichbare organspezifische Makrophagen findet man auch in Leber und Lunge.

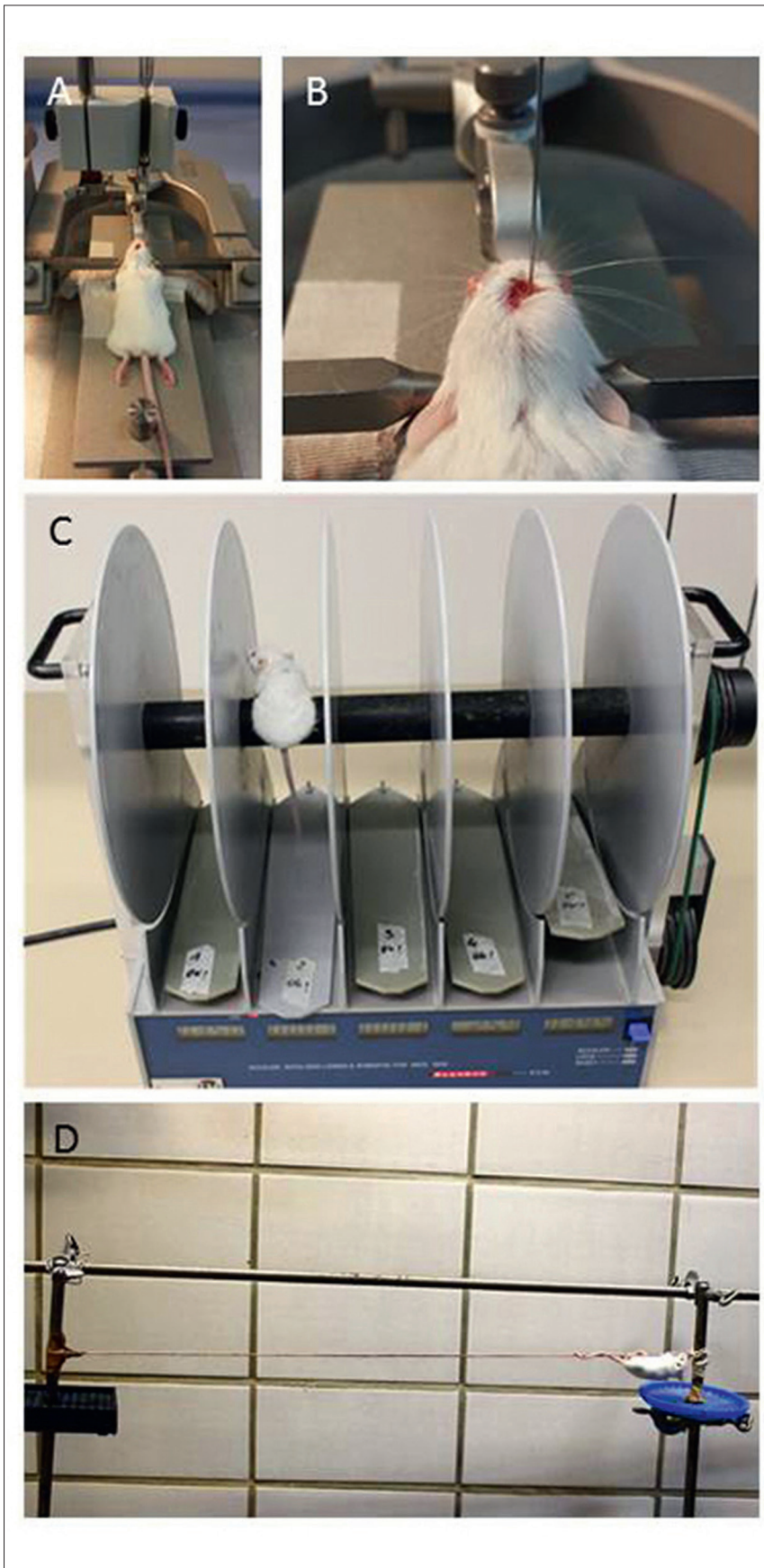
beginnen, sich in diesem Organ zu teilen und invasiv zu wachsen. Heute wissen wir, dass Jahre zwischen der Einschleusung und dem Beginn der Kolonisation liegen können. Unklar ist aber, warum irgendwann in der Krebszelle das Programm der Kolonisation gestartet wird. Beruhigend ist aber, dass eigentlich bis auf wenige Ausnahmen die Krebszellen diese Phase überhaupt nicht erleben, da sie, wie schon erwähnt, kurz nach dem Gefäßaustritt in den programmierten Zelltod gehen.

Greift man die oben gestellte Frage nun speziell für das Gehirn auf, ob das Milieu des Gehirns oder dessen Abwehrsystem eine Rolle für den programmierten Zelltod der Krebszellen spielt, ist dies für das Gehirn besonders interessant. Im Gehirn gibt es im Vergleich zu anderen Organen ein sehr spezielles lokales Abwehrsystem. Dieses beseitigt sogar selbständig kleinere Läsionen, ohne das Immunsystem des Blutes zur Hilfe zu nehmen. Dieses spezielle Abwehrsystem setzt sich aus zwei Zelltypen zusammen, den Makrophagen des Gehirns, der Mikroglia, und den Stützzellen des Gehirns, den Astrozyten. Die Mikroglia und Astrozyten arbeiten sehr eng im Kampf gegen bakterielle, sonstige Erreger oder bei anderweitigen Schädigungen des Hirngewebes zusammen. Interessanterweise sind dies aber auch die zwei Zelltypen, die sofort nach der Einschleusung der Krebszellen angezogen werden. Im nächsten Schritt umringen dann die Astrozyten die Krebszellen und beide Zellarten bilden direkte Kontakte mit den Krebszellen aus. Unsere Arbeitsgruppe hat nun festgestellt, dass die Mikroglia und Astrozyten versuchen, die organfremden Krebszellen abzukapseln und zu bekämpfen. Sie sind auch in der Lage, gutartige Epithelzellen, die ihren Ursprung außerhalb des Gehirns haben, zu erkennen und sehr effektiv in den programmierten Zelltod zu treiben. Aktuell gehen wir also davon aus, dass die Mikroglia zusammen mit den Astrozyten die Krebszellen zwar als körpereigen, aber organfremd erkennt, und um eine mögliche Schädigung des Gehirns zu verhindern, versuchen sie gemeinsam, den programmierten Zelltod in den Krebszellen auszulösen.

Um diese Arbeitshypothese untersuchen zu können, haben wir eigens dafür ein Kokultursystem mit einem lebenden Hirnschnitt und einem künstlichen Tumorzellplug etabliert. Ein Tumorzellplug besteht aus einer Suspension von Krebszellen, die man in eine künstliche flüssige



**1** A) zeigt eine Färbung des Zytoskelett einer durch Tumorzellen aktivierten Mikroglia. B) zeigt eine konfokale Aufnahme eines Kokultursystems. Rot dargestellt sind die Astrozyten des Gehirns, die auf die Tumorzellen (grün) reagieren. Einige (grüne) Tumorzellen sind schon in das Hirngewebe eingedrungen. Die lila markierten Zellen stellen die Mikroglia dar, die ebenfalls aktiviert sind und teilweise enge Kontakte (s. Vergrößerung des Kastens von B in C) zu Tumorzellen ausbilden (Pfeil in C).



2 A–B) zeigt die stereotaktische Injektion von Tumorzellen in das Gehirn einer narkotisierten Maus. Im Verlauf werden dann die Mäuse jeden Tags neurologisch untersucht und bei Auffälligkeiten Funktionstests durchgeführt. Darunter fällt z. B. C) der Rotarod Performance Test und D) der Hanging Wire Test. Diese neurologischen Testverfahren haben wir von Verhaltensstudien übernommen und auf unser experimentelles Setting übertragen.

Matrix einbettet und somit ein halbfestes 3D-Tumor/Matrix-Gemisch erhält, das man dann direkt neben den Hirnschnitt platzieren kann. Den lebenden Hirnschnitt gewinnen wir von Mäusegehirnen mit einem Vibratom (300µm Schnitte), die dann in speziellen Kulturmedien am Leben erhalten werden. Den Hirnschnitt und Tumorzellplug kokultivieren wir dann über fünf Tage. Anschließend können wir die Reaktion des Hirngewebes auf die Tumorzellen untersuchen und die Invasion der Krebszellen in den Hirnschnitt quantifizieren [1]. Der von uns publizierte Methodenfilm veranschaulicht diese Vorgänge (<http://www.jove.com/video/50881/coculture-system-with-an-organotypic-brain-slice-3d-spheroid>). Zudem ist es uns mit einer speziellen Färbung möglich, die Anzahl der toten und lebenden Krebszellen direkt an der Kontaktstelle und an entfernterer Position zu messen. Mit dieser Methode war es uns möglich, die Induktion des programmierten Zelltodes in epithelialen Zellen durch die Astrozyten und Mikroglia zu quantifizieren. Manipuliert man nun die Mikroglia, wird dieser Effekt deutlich abgeschwächt, und selbst die gutartigen Zellen überleben die Attacke der übrig gebliebenen Astrozyten.

Aktuell verfolgt unsere Arbeitsgruppe die Hypothese, dass in einer Vielzahl von Krebspatienten diese organspezifische Abwehr sehr potent ist und somit einen Hauptmechanismus darstellt, wie Organmetastasierung verhindert wird. Wichtig ist hierbei noch zu erwähnen, dass nicht nur das Gehirn, sondern auch andere Organe eine spezialisierte Abwehr haben. Zum Beispiel befinden sich in der Leber die Kupffer-Sternzellen und in der Lunge die Alveolar Makrophagen. Beide Zellarten stellen, vergleichbar zur Mikroglia, ein spezialisiertes Makrophagensystem dar, das aber genauso wenig im Prozess der Metastasierung untersucht ist. Wir gehen aber davon aus, dass diese organspezifischen Abwehrsysteme nicht nur die letzte, sondern auch die entscheidende Verteidigungslinie bilden. Erst wenn diese Bastion fällt, kann es zur erfolgreichen Metastasierung kommen. Erschreckenderweise hat unsere Arbeitsgruppe in diesem Fall sogar die Erkenntnis gewonnen, dass die Krebszellen dann die organspezifische Abwehr (in diesem Fall die Mikroglia) auf ihre Seite ziehen, sie in ihrer Aggressivität noch steigern und vermehrt das anliegende gesunde Hirngewebe zerstören.



Unter diesem Aspekt ist es aber genauso interessant, dass wir in anderen Experimenten zeigen konnten, dass die Mikroglia durch Manipulation wieder umgekehrt werden und dass sie ihre anti-tumoröse Wirkung potenzieren kann. Aus diesem Grund arbeiten wir, vergleichbar zu der Immun-Checkpoint Inhibition der T-Zellen, an Mechanismen und pharmakologischen Interventionen, die die Mikroglia-Aktivität wieder in die richtige Richtung bringen. Derartige lokale Immunstimulationen wurden schon um 1900, im Zeitalter vor der Chemotherapie, von dem amerikanischen Onkologen William Bradley Coley (1862–1936) durchgeführt. Diese Verfahren wurden dann aber nach Einführung der Strahlentherapie und Chemotherapie aufgrund der Nebenwirkungen wieder aufgegeben. Um nun aber derartige lokale Immun-Stimulationsverfahren auch im gesamten Organismus zu testen, haben wir zusätzlich zu dem Kokultursystem mehrere Hirnmetastasierungsmodelle in immun-kompetenten Mäusen aufgebaut. Die meisten Experimente wurden bisher mit menschlichen Tumorzellen in Mäusen durchgeführt, die keine aktiven T-Zellen haben. Da wir jedoch wissen, wie wichtig funktionierende T-Zellen im Prozess der Metastasierung sind, führen wir unsere Experimente mit Mauszellen in einer Maus mit einem voll funktionsfähigen Immunsystem durch. Für diesen Zweck werden diese Maustumorzellen stereotaktisch direkt in

das Mäusegehirn appliziert. Anschließend werden pharmakologische Interventionen durchgeführt, die sich zuvor im Kokultursystem als sehr effektiv herausgestellt haben. Aktuell testen wir auf diese Weise unterschiedliche Substanzen auf deren Auswirkungen auf die Kolonisation des Hirngewebes.

Zusammenfassend haben wir in den letzten Jahren im Rahmen der DFG-Forschergruppe 942, dem BMBF-Konsortium eBio: MetastaSys und nationalen und internationalen Kooperationspartnern mehrere Systeme etabliert, die es uns tatsächlich ermöglichen, die organspezifische Abwehr des Gehirns während der Metastasierung zu untersuchen. Zudem haben wir die Möglichkeit, nicht nur die dahinterstehenden Prinzipien, sondern auch pharmakologische Interventionen zu überprüfen, um zukünftig noch effektivere Therapien für Patienten mit metastasierten Tumorleiden anbieten zu können.

Abschließend möchte ich postum Prof. Dr. Uwe-Karsten Hanisch (1961–2015) danken, der als ein exzellenter Wissenschaftler und vorbildlicher Kooperationspartner wesentlich an diesen Projekten beteiligt war.

## Literatur

Han-Ning Chuang, Raphaela Lohaus, Uwe-Karsten Hanisch, Claudia Binder, Faramarz Dehghani, Tobias Pukrop: Coculture sys-

tem with an organotypic brain slice and 3D spheroid of benign epithelial or carcinoma cells. *J Vis Exp.* 9 (80) (2013). Video Journal: <http://www.jove.com/video/50881/coculture-system-with-an-organotypic-brain-slice-3d-spheroid>

Tobias Pukrop, Faramarz Dehghani, Han-Ning Chuang, Raphaela Lohaus, Kathrin Bayanga, Stephan Heermann, Tommy Regen, Denise van Rossum, Florian Klemm, Matthias Schulz, Laila Siam, Anja Hoffmann, Lorenz Trümper, Christine Stadelmann, Ingo Bechmann, Uwe-Karsten Hanisch, Claudia Binder: Microglia promote colonization of brain tissue by breast cancer cells in a Wnt-dependent way. *Glia* 58: 1477–89 (2010). (IF 5.186; 2010)

Han-Ning Chuang, Denise van Rossum, Dirk Sieger, Laila Siam, Florian Klemm, Bleckmann Annalen, Michaela Bayerlová, Katja Farhat, Jörg Scheffel, Matthias Schulz, Faramarz Dehghani, Christine Stadelmann, Uwe-Karsten Hanisch, Claudia Binder, Tobias Pukrop: Carcinoma cells misuse the host tissue damage response to invade the brain. *Glia* 61 (8): 1331–46 (2013).

Rietkötter Eva, Menck Kerstin, Bleckmann Annalen, Farhat Katja, Schaffrinski Meike, Schulz Matthias, Hanisch Uwe-Karsten, Binder Claudia, Pukrop Tobias: Zoledronic acid inhibits macrophage/microglia-assisted breast cancer cell invasion. *Oncotarget* 4 (9): 1449-60 (2013).



© Fotoabteilung UKR

**Prof. Dr. med. Tobias Pukrop**, geb. 1973 in Ellwangen (Ostalbkreis/ BaWü). Studium der Humanmedizin und Promotion an der Universität Ulm. Anschließend Weiterbildung im Fach Innere Medizin und Hämatologie/Onkologie und Aufbau einer Arbeitsgruppe über Metastasierung an der Universität Göttingen. Mitglied der DFG Forschergruppe 942 und BMBF Konsortien mit den Schwerpunkten Metastasierung oder Maligne Lymphome. Erwerb der Zusatzqualifikation Palliativmedizin in Göttingen und Übernahme des Amtes des Ärztlichen Koordinators des Comprehensive Cancer Center Göttingen (G-CCC). Die Untersuchungen der Metastasierung wurden 2014 mit dem Best Poster Award auf dem 4th Annual Brain Metastases Research and Emerging Therapy Conference der EORTC in Marseille, 2011 mit dem Württembergischen Krebspreis und 2006 dem mit dem Vincenz-Czerny Preis der Deutschen Gesellschaft für Hämatologie/Onkologie für onkologische Forschung ausgezeichnet. Die Berufung an das Universitätsklinikum Regensburg erfolgte 2015 für Innere Medizin mit dem Schwerpunkt Internistische Onkologie.

**Forschungsschwerpunkte:** Der WNT-Signalweg, Makrophagen, Mikroglia, (Hirn-)Metastasierung, ZNS-Lymphome

# Über Menschliches und Übermenschliches

## Zum *anthropological turn* der Philosophie

Elif Özmen

Neue oder in naher Zukunft zu erwartende, manchmal auch nur als Bestandteil von utopischen Szenarien ausgemalte Entwicklungen in den empirischen Wissenschaften und ihrer technischen Anwendungen eröffnen bislang ungeahnte Möglichkeiten der Veränderung – der Optimierung, Perfektionierung, Umgestaltung – der menschlichen Natur. Neben der ethischen Bewertung solcher Human Enhancement-Praktiken werden gegenwärtig auch anthropologische Fragestellungen – Was ist der Mensch? Was kann er aus sich machen? – diskutiert. Die Anlässe, Herausforderungen und Aussichten dieser philosophischen Renaissance der Frage nach dem Menschen werden in dem folgenden Beitrag skizziert.

Mit dem *linguistic turn* des frühen 20. Jahrhunderts – einer „Wende zur Sprache“ im Sinne einer inhaltlichen und methodologischen Neuorientierung der Philosophie – hat sich die rhetorische Figur des *turn* in den Geistes-, Kultur- und Sozialwissenschaften etabliert. Dem *cultural turn* folgte der *iconic* und *digital turn*; seit etwa einem Jahrzehnt wird die Frage diskutiert, ob das vorsichtige, aber unübersehbare philosophische Interesse an anthropologischen Problemstellungen bereits einen *anthropological turn* anzeigt. Eine Antwort fällt zum gegenwärtigen Zeitpunkt auch deswegen schwer, weil die anthropologische Grundfrage, Was ist der Mensch?, für die Philosophie keineswegs neu, sondern disziplin- und identitätsstiftend ist. Anders gesagt: Vom Menschen handelt die Philosophie immer schon und sowieso; jede theoretische oder praktische Philosophie bezieht sich auf ein bestimmtes Verständnis des Menschen oder setzt dieses voraus. Zudem



1 Leonardo da Vinci (1452-1519), anatomische Studie eines männlichen Torso (1508-9), The Royal Collection, Windsor (Quelle: <https://www.royalcollection.org.uk/microsites/leonardo/MicroObject.asp?item=67&object=919032v&row=67&themeid=2474>)

hat die philosophische Anthropologie, verstanden als ein eigenes philosophisches Feld, traditionell einen schweren Stand. So fällt die Abgrenzung der geisteswissenschaftlichen Anthropologie von ihren empirischen Schwestern chronisch schwer,

ebenso ihre Etablierung als Disziplin mit spezifischen philosophischen Grundbegriffen und -fragen. Gegen die Verschränkung von Philosophie und Anthropologie drängen sich, je nach Spielart, der Verdacht des Kulturrelativismus, der Ideologieblindheit oder des Sein-Sollens-Fehlschlusses (also des falschen Folgerns von Werten und Normen aus Tatsachen) auf. Kann unter diesen problematischen Bedingungen der Mensch auf einen Begriff gebracht werden? Und wenn ja, mit Rückgriff auf welche begrifflichen, durchaus auch normativen Ressourcen – allen Wandlungen und Kontingenzen zum Trotz, die sich aus historischer, kultureller und auch biologischer Perspektive aufdrängen?

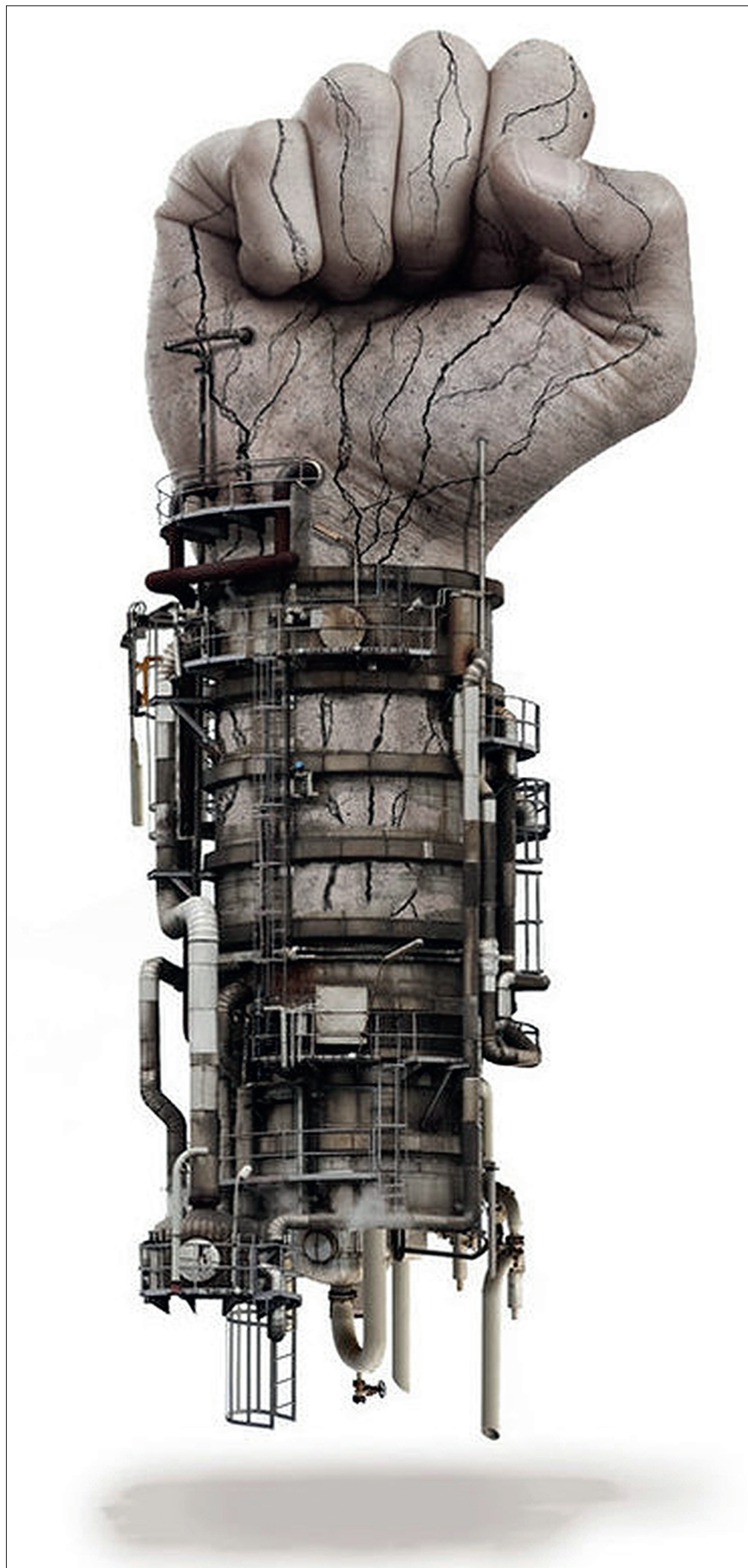
Für das Gros der akademischen Philosophie ist die Antwort lange Zeit negativ ausgefallen, und der Erkenntniswert einer genuin philosophischen Anthropologie erschien gering. Im Zuge einer Reihe von bahnbrechenden Entwicklungen in Wissenschaft, Technik und Kultur werden in den letzten Jahren jedoch verstärkt Reflexionen unternommen, die auf anthropologische Topoi, Argumentationsfiguren und Fragestellungen Bezug nehmen und die anthropologische Grundfrage zu ihrem ausdrücklichen (und alles andere als trivialen) Forschungsgegenstand machen. Da hier Menschliches und Übermenschliches – die Voraussetzungen, Merkmale und Spezifika des Mensch-Seins einerseits, die fiktiven Entwürfe, Transformationen und Utopien des Menschlichen andererseits – verhandelt wird, können diese Debatten durchaus „anthropologisch“ genannt werden. Die These von einem *anthropological turn* lässt sich also bestätigen, insofern mit diesen Debatten eine disziplinäre Selbstprüfung und -vergewisserung, letztlich

eine Neujustierung des traditionell schwierigen Verhältnisses von Philosophie und Anthropologie einhergehen.

## Natürlichkeit und Künstlichkeit des Menschen

Die Frage, was die (biologisch-physiologisch-physikalische) Natur aus dem Menschen macht im Verhältnis zu dem, was er aus sich selbst bzw. mit sich zu machen vermag (etwa mittels Kultur, Kunst, Technik, Wissenschaft), gehört zu den althergebrachten philosophischen Angelegenheiten. Im Zuge einer über Jahrhunderte währeren Auseinandersetzung ist jedenfalls eines sehr deutlich geworden: Die Begriffe der Natürlichkeit und Künstlichkeit sind (nicht nur innerphilosophisch) überaus vielfältig, wandelbar, variabel und schwerlich auf einen verbindlichen Nenner zu bringen. Letztlich gibt es eine „gegebene“ (sowohl deskriptiv: „unveränderliche“ als auch normativ: „vorgegebene“) Natur nur in unserer Vorstellung – ein stetiger Wandel von Naturformen ist so „natürlich“ wie die menschlichen Veränderungen der natürlichen Umwelt üblich sind. Künstlichkeit ist (mindestens) Teil der Natur des Menschen; diese Überzeugung zieht sich durch die philosophischen Reflexionen über das Wesen des Menschen von Aristoteles bis in die Gegenwart. Gleichwohl stellt sich die Frage, ob wir auf das Konzept der Natur überhaupt verzichten können. „Natur“ oder das „Natürliche“ werden nicht nur alltagssprachlich verwendet und vielfach affirmativ bewertet und (häufig in problematischer Weise) in normative Begriffe überführt, ästhetisiert, ethisiert. Auf das Konzept der Natur des Menschen greifen wir, bei aller inhaltlichen Unklarheit und chronischen Missverständlichkeit, regelmäßig zurück in unseren Selbstbeschreibungen und Bezugnahmen auf die (Um-)Welt. Neben diesem hermeneutischen Bezugspunkt gibt es „Natur“ als Gegenstand von bestimmten (Natur-)Wissenschaften, etwa wenn es um die Beschreibung und das Verständnis der strukturellen und funktionalen Merkmale der menschlichen Lebensform geht. In diesem Sinne erscheint die Rede von der Natur des Menschen durchaus verständlich, unproblematisch und unverzichtbar zu sein.

Dass die Konzepte bzw. das Verhältnis von Natürlichkeit und Künstlichkeit des Menschen immer wieder neu diskutiert



2 Josh Fleet, *The Cyborgs Hand of Doom, Kropped*. (Quelle: Kropped <http://kropped.deviantart.com/gallery/>, [http://img13.deviantart.net/b537/i/2011/326/c/8/the\\_cyborgs\\_hand\\_of\\_doom\\_by\\_kropped-d4gxx6c.jpg](http://img13.deviantart.net/b537/i/2011/326/c/8/the_cyborgs_hand_of_doom_by_kropped-d4gxx6c.jpg))

und auch gegenwärtig wieder philosophisch verhandelt werden, hängt aber nicht nur mit der hier angedeuteten historischen und systematischen Komplexität zusammen. Auch die Entwicklungsgeschichte der Wissenschaften und ihrer technischen Umsetzungsmöglichkeiten, die diesen Unterschied zwischen Gegebenem und Gemachtem ebenso stetig aufweichen, wie sie die Möglichkeiten und die Gegenstände des menschlichen Machenkönnens vergrößern, spielt eine wichtige Rolle. Gegenwärtig sind es neue lebenswissenschaftliche Forschungsfelder und -disziplinen (neben der modernen Evolutionsbiologie die Neurowissenschaft, komparative Verhaltensforschung und Genetik) wie auch die biotechnologischen Interventionsmöglichkeiten, die mit konvergierenden Technologien (also dem Zusammenwirken von Nano-, Bio-, Informationstechnologie und Kognitionswissenschaft, kurz NBIC) einhergehen, die bislang ungekannte transformative biotechnologische Interventionsmöglichkeiten in unsere körperliche, kognitive, psychische und genetische Verfasstheit in Aussicht stellen. Damit wären wir in die Lage versetzt, als freihandelnde Wesen nicht nur aus uns, sondern auch aus unserer Natur etwas zu machen.

zwischen Gegebenem und Gemachtem, in der Geschichte des wissenschaftlichen und technischen Fortschritts immer wieder erignet haben, birgt die gegenwärtige Situation eine besondere Herausforderung. Bislang endeten alle Bemühungen und Sehnsüchte zur Beherrschung, Veränderung, gar Überwindung der eigenen Natur an unüberwindbaren Hürden für das, was wir – mit unserer sterblichen, leidensfähigen, begrenzten Verfassung – aus uns selber machen konnten. Mit den Möglichkeiten der Enhancement-Praktiken steht nunmehr eben diese durch „natürliche“ körperliche, kognitive, psychische und genetische Eigenschaften und Funktionen charakterisierte menschliche Lebensform zur Disposition. Einige biotechnologische Interventionsmöglichkeiten (insbesondere die Gentechnik und das Neuroenhancement) scheinen in ihren Konsequenzen so radikal und unumkehrbar zu sein, dass sie tiefergehendere und schwerwiegendere Möglichkeiten der Veränderung und Selbstgestaltung eröffnen, als aus der Kultur- und Zivilisationsgeschichte bekannt ist. Die Unzufriedenheit des Menschen mit seinen begrenzten geistigen und körperlichen Vermögen mag ebenso alt sein wie seine Sehnsucht, sich selbst zu gestalten, sich anders und besser zu machen. Aber nunmehr könnten diese alten promethei-

schen Hoffnungen erfüllt werden, wenn Eigenschaften, Fähigkeiten und Merkmale, die man (bis jetzt) als typisch menschliche Charakteristika betrachtet hat, mittelfristig durch individuelles und kollektives Enhancement verändert werden. Ob der Mensch solche „Verbesserungen“ an sich selbst vornehmen darf – und wenn ja, auf welche Weise, aus welchen Gründen, in welchem Ausmaß – wird mit Rückgriff auf geläufige moralische und politikethische Prinzipien (wie Risikoabwägungen, Dammbruch-Argumente, Autonomie, Nicht-Schädigung, Gerechtigkeit) intensiv diskutiert. Aber darüber hinaus motiviert diese Debatte ein eigenständiges Interesse an anthropologischen Problemstellungen. Wenn die charakteristische menschliche Lebensform veränderbar, manipulierbar, verbesserbar würde, stellt sich auch die anthropologische Grundfrage in neuer Dringlichkeit.

### Ist der Transhumanismus ein Humanismus?

Das Spektrum der Positionen, die in der Human Enhancement-Debatte vertreten werden, reicht von der strikten bio-konservativen Ablehnung transformativer Ein-

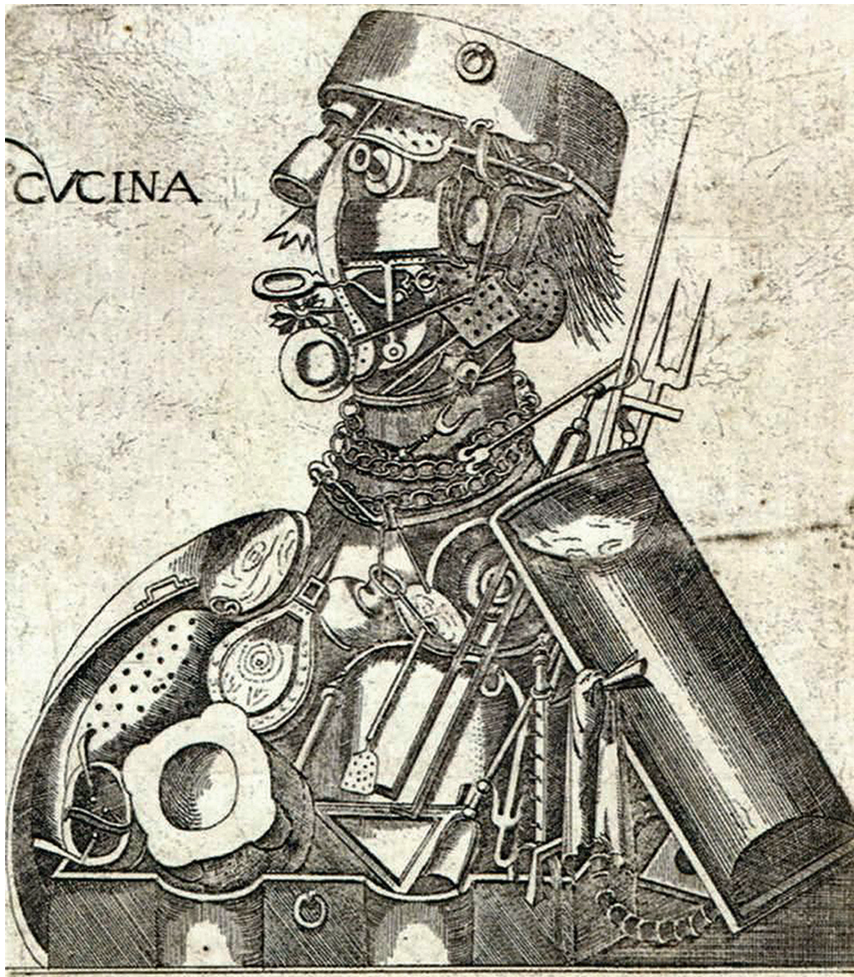
### Why not the best? Die Human Enhancement-Debatte

Die wissenschaftlichen, gesellschaftlichen, kulturellen und normativen Dimensionen eines solchen Machenkönnens werden seit den 1990er Jahren unter dem Stichwort Human Enhancement diskutiert. Als Enhancement bezeichnet man, in Abgrenzung zu medizinischer Therapie und Prävention, die technische, medizinische, biologische oder pharmazeutische Optimierung des Menschen, also die Verbesserung „normaler“ Eigenschaften von „normal gesunden“ Menschen. Beispiele für bereits reale oder jedenfalls im Prinzip vorstellbare Enhancement-Praktiken sind Körperpertuning (Doping, Transplantationen, Prothetik, *body tracking*), Neuro- und Psycho-Enhancement (Pharmazeutika, Implantate, Mensch-Computer-Interfaces, Kybernetik, Künstliche Intelligenz) sowie genetische Umgestaltungen.

Wiewohl sich solche Verschiebungen und Hybridisierungen zwischen der Natürlichkeit und Künstlichkeit des Menschen,



3 Wagner und der Homunculus im Glaskolben, Illustration zu Johann Wolfgang Goethes Faust II, 19. Jahrhundert (Quelle: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Homunculus\\_Faust.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Homunculus_Faust.jpg))



4 Unbekannter italienischer Meister (1569), *Humani Vicus Instrumenta: Ars Coquinaria* Kupferstich, (Quelle: Wikimedia Commons, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Unknown\\_engraver\\_-\\_Humani\\_Viculus\\_Instrumenta\\_-\\_Ars\\_Coquinaria\\_-\\_WGA23954.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Unknown_engraver_-_Humani_Viculus_Instrumenta_-_Ars_Coquinaria_-_WGA23954.jpg))

griffe in die menschliche Natur über liberale Befürwortungen ausgewählter verbessernder Eingriffe bis hin zu den apokalyptisch anmutenden transhumanistischen Erwartungen bezüglich der Überwindung des Menschlichen. Die Bezeichnung Trans- oder Posthumanismus gibt einer recht heterogenen Gruppe von Theorien und Positionen aus verschiedenen künstlerischen und wissenschaftlichen Disziplinen einen Namen, die darin übereinstimmen, die evolutionäre und kulturelle Geschichtlichkeit und Kontingenz der menschlichen Spezies als Ausgangspunkt einer affirmativen Beurteilung radikaler Selbst- und Umgestaltungen zu betrachten. Es scheint, dass die jahrhundertealten, zumeist dystopischen Narrative über modifizierte oder künstliche Menschen, Monster und Maschinen eine Neuerung erfahren in diesen hoffnungsvollen Visionen von posthumanen Wesen. Neu ist jedenfalls, dass diese anthropologischen Fiktionen (denn es handelt sich weniger um subkulturelle Träumereien denn um gegenwärtig

zu evaluierende Zukunftsentwürfe des Über-Menschlichen) flankiert werden von realen wissenschaftlich-technischen Entwicklungen und Beiträgen wortgewaltiger Wissenschaftler.

Das von den Philosophen Max More und Nick Bostrom initiierte Extropy Institute und die World Transhumanist Association wirken daran ebenso mit wie hochdekorierte Pioniere der Künstlichen Intelligenz-Forschung und Robotik, etwa Marvin Minsky, Raymond Kurzweil und Hans Moravec. Die Entwicklung humanoider Roboter bzw. die Forschung an symbiotischen Mensch-Roboter-Interaktionen produziert Objekte (und Bilder), deren Anziehungskraft man sich schwerlich entziehen kann (so etwa in [6] das Porträt von Prof. Hiroshi Ishiguro und dem „tele-operated android Geminoid HI-4“, der ihm auch deswegen aufs Haar gleicht, weil sich ersterer mittlerweile chirurgischen Eingriffen unterzieht, um seinem alterslosen Alter Ego ähnlich zu bleiben).

Der Transhumanismus stellt sich in eine Tradition der rationalen Selbstaufklärung und Welterschließung, die sich bereits in dem Wissenschafts- und Fortschrittsideal der Nova Scientia mit einer Konzeption der kontinuierlichen Selbst- und Welt-Verbesserung verbindet. Unsere natur- und techno-wissenschaftliche Moderne beginnt mit der Verschmelzung von *scientia* und *potentia*, von Wissenschaft und Ma-

### Argumente Pro und Contra Human Enhancement

**Risiko:** Gefahr des Missbrauchs für militärische, verbrecherische, ausbeuterische Zwecke; mögliche Abwertung von Lebensformen (z. B. behinderter, kranker, „nicht-verbesserter“ Menschen)

**Dambruch:** Konformitäts- und Homogenitätsdruck, sich Enhancements zu unterziehen; die „schiefe Ebene“ von individueller Wahl zu kollektivem Druck und moralischer Verurteilung bis hin zu sozialer Benachteiligung und Zwang

**Autonomie:** wird von den Befürwortern (als die Freiheit und das Recht, mit seinem Leben und damit auch seinem Körper, Geist und seiner genetischen Verfassung nach eigenem Willen und Wunsch zu verfahren), aber auch von den Gegnern verwendet (Autonomie verbietet die Instrumentalisierung, Verdinglichung und das Verfügbarmachen der eigenen Person)

**Nicht-Schädigung:** die Freiheit des Einzelnen hat ihre Grenze in der Schädigung Dritter; ethisch unzulässige Selbstschädigungen

**Gerechtigkeit:** Verteilung der Möglichkeiten und Chancen für Enhancements (ihre mutmaßlichen gesellschaftlichen Vorteilen); Verteilung und Verantwortung für die Kosten und Lasten (z. B. für misslingende Eingriffe); Gefahr neuer Klassengesellschaften und Diskriminierungen



5 Eric Robot, 1928 konstruiert von Captain W. H. Richards und A. H. Reffell, teetrinkend und „sprechend“.

(Quelle: Wikimedia Commons, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bundesarchiv\\_Bild\\_102-09312,\\_Berlin,\\_Roboter\\_mit\\_seinem\\_Erfinder.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bundesarchiv_Bild_102-09312,_Berlin,_Roboter_mit_seinem_Erfinder.jpg))

chenkönnen. Sie birgt daher nicht erst seit der Faktizität der NBIC-Technologien das Versprechen, dass die menschliche Gesellschaft wie auch der Einzelne über den Weg der Erkundung, Vermessung und Beherrschung der Natur, nicht nur anders, sondern besser sein und leben können, als sie es je gegenwärtig tun. Diesem Versprechen weiß sich auch der Transhumanismus verpflichtet: Wissenschaftlicher Fortschritt und dessen technische Umsetzung gelten ihm auch als stärkster Motor des gesellschaftlichen Fortschritts, sowohl in der historischen Rückschau, wie auch im Vorgriff auf die menschlichen und posthumanen Zukünfte.

Dieser Fortschrittsoptimismus, der sich in regelmäßig wiederkehrenden Formulierungen wie *why not the best?*, *better than well*, *better humans* ausdrückt, beruht auf einem unerschütterlichen Vertrauen in die selbstregulierenden Kräfte und moralischen Potentiale der menschlichen Vernunft. Ein solcher Optimismus erscheint bemerkenswert naiv – alle Risiken könnten kontrolliert, alle Bedenken beruhigt werden –, und zudem auffällig unpolitisch. Wie selbstbestimmt und „individuell“ solche transhumanistischen Modifikationen unter den bestehenden gesellschaftlichen, kulturellen und ökonomischen Bedingungen überhaupt sein können, wird ebenso wenig kritisch reflektiert wie die Gründe

der gesellschaftlichen Erwünschtheit von unversehrten, körperlich und geistig optimierten Menschen. Aber dennoch möchte ich den Leitgedanken des Transhumanismus ernstnehmen: Die menschliche Unzufriedenheit mit dem Gegebenen und Vorfindlichen, der Wunsch sich zu verbessern, der Wille wie auch die Fähigkeit zur Selbstgestaltung und Modifikation sind Teil unseres Selbstverständnisses, mithin Teil der Anthropologie als Wissenschaft vom Menschen. Die Intention der Verbesserung, die dem Human Enhancement inhärent ist, gipfelt im Transhumanismus in einer konsequenten Negation biologischer Prozesse, die die vielfältigen Einschränkungen und Behinderungen, Mängel und Probleme der menschlichen Normalnatur bedingen. Gleichwohl sollen dem transhumanistischen Selbstverständnis zufolge bestimmte freiheitlich-demokratische Prinzipien des Zusammenlebens auch für die posthumane Gesellschaft normativ verbindlich bleiben. Der Transhumanismus beansprucht demzufolge, ein Humanismus zu sein, insofern die ethischen und politischen Normen der Individualrechte, Autonomie, Gleichberechtigung, der Demokratie, Toleranz und Verantwortung seine tragenden normativen Säulen darstellen.



6 Prof. Hiroshi Ishiguro, Direktor des japanischen Intelligent Robotics Laboratory, mit dem „Actroiden“ Geminoid HI-4, Hiroshi Ishiguro Laboratory

(Quelle: Hiroshi Ishiguro Laboratory, <http://www.geminoid.jp/projects/kibans/Images/004.jpg>)

## Anthropologie und Philosophie

Lässt sich aber das eschatologische Streben des Transhumanismus – schlussendlich wird das Ende des Menschen hin zu einer posthumanen Zukunft angestrebt – dauerhaft vereinbaren mit dem normati-

ven Rahmen des Trans-Humanismus? Hängt nicht vielmehr das, was wir für moralisch relevant halten, welche Formen des Lebens wir als gelungen und vorbildlich oder misslungen und unsittlich bewerten, nicht (auch) davon ab, als welche Art von Wesen wir uns verstehen, welche Bedürfnisse und Ängste wir teilen oder für besonders zentral erachten, welche charakteristischen Konflikte wir durch allgemeine Regeln entschärfen wollen? Sind also die moralischen und politikethischen Prinzipien, mit denen sich auch der Transhumanismus und erst recht die weniger radikalen, liberalen Befürworter des Human-Enhancements identifizieren, von anthropologischen Voraussetzungen abhängig, die durch eine radikale Umgestaltung der menschlichen Lebensform zerstört werden würden?

Durch die Fokussierung auf solche metatheoretischen Fragen wird ein Forschungsprojekt skizziert, das sich um die Offenlegung des anthropologischen Ausgangs- und Bezugspunktes unserer Normenbildung bemüht. Die Frage nach den empirischen und normativen anthropologischen Voraussetzungen philosophischer Theorien mag schon immer ihre Berechtigung gehabt haben. Aber solange die Konstanten und quasi-naturalistischen Begrenzungen des Humanum nicht ernsthaft zur menschlichen Verfügung standen, war die Kluft zwischen dem, wer wir sind, was die Natur aus uns macht, und dem, was wir werden können, was wir tatsächlich aus oder mit uns machen können, nicht groß genug, um eine radikale Transformation – und in diesem Sinne: ein Ende des Menschen – für möglich zu erachten. Wenn wir die Zukunftspotentiale der NBIC-Technologien im Sinne einer tiefgehenden, nachhaltigen, gegebenenfalls unumkehrbaren Modifikation dieser menschlichen Natur und Lebensform ernst nehmen, sollte die Philosophie die Frage nach dem Ende des Menschen zum Anlass nehmen, sich (noch einmal) mit der anthropologischen Grundfrage und ihrem systematischen Ort im Felde der Philosophie auseinanderzusetzen.

Meine leitende Forschungsthese ist, dass sowohl deskriptive, empirisch validierbare als auch evaluative, einen bestimmten Aspekt unserer natürlichen Fähigkeiten oder Möglichkeiten herausstellende Merkmale der menschlichen Lebensform in moralphilosophische und politikethische Reflexionen eingehen bzw. (zumeist implizit) mit ihnen verwoben sind. Diese anthropo-

logischen Präsuppositionen haben eine strukturierende Funktion für die normative Theoriebildung, insofern sie vorwegnehmen, mit welcher Art von Lebewesen, welchem Spektrum an Verhaltens-, Entscheidungs- und Handlungsweisen und welchen Anwendungsverhältnissen philosophisch gerechnet wird. Dazu gehören auf den ersten Blick banale Dinge, welche aber, weniger banal, gegenwärtig durch den möglichen Einsatz von Konvergenztechnologien, und sei es in verbessernder Absicht, zur Disposition stehen. Die charakteristische menschliche Lebensform ist durch Sterblichkeit, einen spezifischen Körper mit spezifischen Bedürfnissen (Hunger, Durst, Schutz, Sexualität, Mobilität), Verletzlichkeiten (insbesondere die Fähigkeit zum Erleben von Freude und Schmerz) und kognitive Fähigkeiten (Wahrnehmen, Vorstellen, Denken) charakterisiert. Das Eingebundensein in bestimmte Lebens- und Funktionsprozesse (Natalität, Adoleszenz, Erfahrungen von Gesundheit und Krankheit, Alter, Tod) ist ebenso dazu zu zählen wie die Fähigkeit, innige Bindungen zu anderen Menschen und soziale Formen des Zusammenlebens zu entwickeln, aber auch sein eigenes Leben nach seinen eigenen Vorstellungen führen zu können. Diese anthropologische Grundlage (die ihrerseits nicht-normativ ist; es gibt keinen guten Grund, weswegen wir sterblich, zweibeinig oder schlafbedürftig sein sollten) fungiert als Bedingung der Möglichkeit von normativem Wissen, insofern die regulative Idee der Einheit des Menschlichen auf ihr aufruhet. Diese Idee findet zwar nicht ihre Begründung in dieser Anthropologie, aber die Anthropologie gibt der normativen Begründung einen Anlass, eine Richtung, einen Rahmen.

Die transhumanistische Erwartung, dass eine radikale Transformation der menschlichen Normalnatur den menschenrechtlichen Kern einer Ethik der Freiheit und Gleichheit unbeschadet lasse, geht daher wortwörtlich ins Leere. Menschenrechte für Cyborgs kann es nicht geben. Eine posthumane Zukunft können wir uns eben nicht vorstellen und daher auch nichts prognostizieren in Bezug auf die moralischen, politischen und sozialen Normen, die diese Anderen für sich als angemessen und legitim erweisen werden. Was allerdings für uns ethisch angemessen und politisch legitim ist, hat eine Voraussetzung darin, wer wir sind. In diesem Sinne sind Humanität und Humanismus, Anthropologie und Ethik miteinander verknüpft.

## Literatur

Elif Özmen (Hrsg.), Über Menschliches. Anthropologie zwischen Natur und Utopie, Münster: Mentis, 2015.

Elif Özmen, Wer wir sind und was wir werden können. Überlegungen zu einer (post-)humanistischen Anthropologie. In: Elif Özmen (Hrsg.), Über Menschliches. Anthropologie zwischen Natur und Utopie, Münster: Mentis, 2015, S. 15-38.

Elif Özmen, The anthropological turn. Über das schwierige, wandelbare, gleichwohl enge Verhältnis von Philosophie und Anthropologie. In: Jan Heiling, Julian Nida Rümelin (Hrsg.), Anthropologie und Ethik, Berlin: De Gruyter, 2015, S. 19-35.

Elif Özmen, Bedeutet das „Ende des Menschen“ auch das „Ende der Moral“? Zur Renaissance anthropologischer Argumente in der Angewandten Ethik. *studia philosophica* 71 (2013), S. 257–270.

Elif Özmen, Ecce homo faber! Anthropologische Utopien und das Argument von der Natur des Menschen. In: Julian Nida-Rümelin, Klaus Kufeld, Die Gegenwart der Utopie. Zeitkritik und Denkwende, Freiburg/München: Verlag Karl Alber 2011, S. 101–124.



© privat

**Prof. Dr. phil. Elif Özmen**, geb. 1974 in Bremen. Studium der Philosophie, Wissenschaftsgeschichte und Deutschen Philologie in Göttingen und Frankfurt a. M., Promotion an der HU Berlin (2004), Habilitation an der LMU München (2010). Nach Lehrstuhlvertretung an der Universität Hamburg seit 2013 Professorin für Praktische Philosophie (Werteentwicklung und zivilgesellschaftliches Engagement) an der Universität Regensburg.

**Forschungsschwerpunkte:** anthropologische Grundlagen normativer Theorien, erkenntnistheoretische und ethische Probleme der politischen Philosophie (insbesondere der liberalen, säkularen und pluralistischen Demokratie), Verhältnis von Moralität und gutem Leben.

# Die Stadt als Bühne

## Einzüge, Umzüge und religiöse Prozessionen in der mittelalterlichen Stadt

Sabine Reichert

Städtische Prozessionen sind im Aufschwung der Neueren Kulturwissenschaften und des ritual turn seit den 1990er Jahren wieder vermehrt in den Blick der Stadtgeschichtsforschung gerückt. Sie gehören zu den ältesten liturgischen Ausdrucksformen des Christentums, und schon aus dem Frühmittelalter haben sich zahlreiche liturgische Anweisungen erhalten, die im Kern auf die spätantiken römischen Stationsgottesdienste zurückgehen. Das ganze Mittelalter hindurch wurden zu den zahlreichen Heiligenfesten die festlich geschmückten Reliquienschreine nicht nur innerhalb der Exklusivität klösterlicher Gemeinschaften umhergetragen, sondern auch aus den Kirchen hinaus in den öffentlichen Raum. Viele kirchliche Festtage wurden mit Umgängen gefeiert, ebenso wurden Prozessionen als Reaktionen auf vergangene oder aktuelle Ereignisse veranstaltet. Entsprechend finden sich viele Belege für Bittgänge wie beispielsweise Wetterprozessionen oder Dankprozessionen in Erinnerung an überstandene Pestzeiten. Durch ihren rituellen Charakter boten Prozessionen eine Bühne, um städtische Herrschaft zu inszenieren; sie bildeten einen Kommunikationsraum, in dem Ordnung und Hierarchie nicht nur abgebildet, sondern auch verhandelt wurden.

Durch Konzentration auf Rituale und den Symbolbestand der Stadt wurde das Prozessionswesen in der älteren Forschung oft auf seinen Inszenierungscharakter reduziert und die Grundbedeutung der Umgänge als liturgische Ausdrucksform eher vernachlässigt. Erst in jüngster Zeit nähert sich die historische Forschung dem Prozessionswesen vermehrt aus interdisziplinärer Perspektive. So widmete sich im Jahre 2014 eine Tagung in Regensburg dem Thema „Prozessionen und ihre Gesänge in der mittelalterlichen Stadt“.

Organisiert von Prof. Dr. Harald Buchinger (Liturgiewissenschaft) und Prof. Dr. David Hiley (Musikwissenschaft) in Kooperation mit dem Themenverbund „Urbane Zentren und europäische Kultur in der Vormoderne“, versammelte sie internationale Expertinnen und Experten, um sich interdisziplinär dem Phänomen religiöser Prozessionen innerhalb der mittelalterlichen Stadt zu nähern und dabei nach ihrer Ausgestaltung, ihrer Zeichenhaftigkeit und ihrem Repräsentationscharakter zu fragen. Die Trias Liturgie, Musik und Stadt bestimmte dabei das Programm der Tagung, deren Ergebnisse gerade für den Druck vorbereitet werden.

Religiöse Prozessionen überspannten als „Liturgie in Bewegung“ den städtischen Raum und sakralisierten ihn. Ebenso wie innerhalb der Messliturgie beispielsweise die Monstranz aus dem abgeschlossenen Sakralraum des Hochchores in das Kirchenschiff hineingetragen wurde, trugen die Prozessionen das Sakrament in den öffentlichen Raum hinaus. Durch das Mitführen der Heiligen in ihren Reliquiaren wurde die eigentliche Quelle der Sakralität in den Raum der Laien überführt. Mit dem Überschreiten der Kirchenschwelle fand eine Umdeutung des urbanen Raumes statt. Er wurde – durch die liturgischen Gesänge weithin hörbar – während der Dauer der Prozession sakral erhöht und damit seine Bedeutung als Raum der Sakralgemeinschaft sichtbar gemacht. Der Stadtraum verlor dadurch aber nicht seine eigentliche Bedeutung, sie trat nur hinter die Liturgie zurück. Zur Durchführung waren bestimmte Maßnahmen notwendig, wie beispielsweise die Verordnung von Arbeitsruhe an Festtagen. Dies ermöglichte den Mitgliedern der städtischen Gemeinschaft nicht nur die Partizipation am religiösen Ritual, sondern sorgte für ebendiese Auszeit vom alltäglichen Geschäft auf den Straßen und

Plätzen. Diese wurden für die Feste vorbereitet, also gereinigt, geschmückt und beispielsweise mit Lampen festlich ausgeleuchtet.

Im kirchlichen Kalender finden sich zahlreiche Feste, die mit Prozessionen gefeiert wurden. Hierzu zählten das Markusfest (25. April), die Bitttage vor Christi Himmelfahrt, Palmsonntag und viele mehr. Neben den Umgängen zu den kirchlichen Festen gab es Umgänge zu Ehren lokaler Heiliger; bekannt sind beispielsweise die große Auctor-Prozession in Braunschweig oder die Sebaldus-Prozession in Nürnberg. Religiöse Prozessionen wurden gestiftet als Dank für überstandene Krisenzeiten wie Seuchenausbrüche oder Naturkatastrophen, aber auch als Bittgänge bei schlechter Witterung, Missernten und dadurch drohenden Hungersnöten. Solche außerordentlichen Bittprozessionen waren in der Regel obrigkeitlich angeordnet und in ihrem Bittzweck – die gesamte Gemeinde war betroffen – möglichst umfassend gehalten.

Aber auch bürgerliche Laien konnten zu Stiftern werden. So vermachte beispielsweise der wohlhabende Trierer Bürger Johann Rinzenberger seiner Pfarrkirche St. Laurentius eine größere Summe Geld, damit dort jedes Jahr eine große Fronleichnamsprozession stattfand. Diese sollte nur im Bereich des Pfarrsprengels gehalten werden und band ein in diesem Bezirk liegendes Frauenkloster mit ein. Die Gemeinschaft durfte zwar aus Gründen der Klausur nicht mit durch die Stadt ziehen, konnte aber zumindest zeitgleich in ihrer Kirche singen und beten und so symbolisch an der Prozession teilnehmen. Der Bedeutung des Festes entsprechend stand im Mittelpunkt des Umgangs das Allerheiligste, das *Corpus Christi*. Dem Pfarrer von St. Laurentius wurde die Ehre zuteil, das Sakrament zu tragen. Die



Hostie war in einer Schaupyxis mit silbervergoldeter Fassung gehalten und mit drei Engelsfiguren verziert. Die besondere Stellung des *Corpus Christi* als Mittelpunkt der Prozession wurde durch einen feierlichen Baldachin betont, den der Urkunde nach Rinzenberger selbst für diesen Zweck hatte anfertigen lassen. Vor dem Sakrament ging ein Mann mit einer großen Wachskerze in einer Gruppe von zwölf Priestern und Klerikern, die der Pfarrer auswählen und einladen durfte. Neben den üblichen liturgischen Gesängen ist in der Stiftung von zwei Trompetern die Rede, die den Umgang musikalisch untermalen sollten. Seien solche nicht zu bekommen, sollten andere Musiker mit schön klingenden Instrumenten für den Umgang verpflichtet werden.

Außer den in der Stiftungsurkunde genannten Personen ist wenig über die weiteren Teilnehmer des Umgangs bekannt. Nur indirekt lassen sich aus einem Ablass Vermutungen anstellen, den der Erzbischof einige Zeit später ausstellte für all jene, die dem Umgang folgen würden. Sicherlich werden ratsfähige Bürger der Laurentiuspfarre mitgegangen sein, vielleicht auch Handwerksmeister des Viertels und Schulkinder. Aber genaue Angaben fehlen uns nicht nur für diese Prozession. Was man aber bereits aus der eher kleineren Trierer Fronleichnamsprozession erschließen kann, ist die Ausstattung: Je nach Größe und vor allem auch Solvenz der verantwortlichen Institutionen finden sich verschiedenste Fahnen, Vortragekreuze, Reliquien in kostbaren Schreinen und große Kerzen. Das Sakrament, durch einen Baldachin bereits weithin als eigentlicher Mittelpunkt sichtbar, durfte nur von Geistlichen getragen werden. Umso wichtiger war es für die beteiligten Laien, sich einen Platz möglichst dicht daran zu sichern, was nicht selten zu Konflikten um die Rangfolge innerhalb des Umzugs führte. Um diese Streitfragen zumindest für einige Jahre zu klären, wurden sog. Prozessionsordnungen verfasst, die uns Historikern einen Einblick in das soziale Gefüge der jeweiligen Stadt geben.

Eine solche Prozessionsordnung hat sich u. a. aus Regensburg für die Fronleichnamsprozession erhalten, die Ende des 15. Jahrhunderts von einem reichen Bürger, dem Kaufmann Matheus Runtinger, gestiftet worden war. Für die große Prozession, die gemeinsam von Stadt, Bischof und dem Domkapitel jeweils am Sonntag nach Fronleichnam gehalten werden sollte, wurden die Straßen gereinigt, repariert und mit Blumen und Birken geschmückt. Die Spitze des



1 Einzug König Johanns des Guten in Paris im Jahre 1350. Bibliothèque nationale, Paris. (Quelle: Jean Fouquet, *Die Bilder der Grandes Chroniques de France*. Mit der originalen Wiedergabe aller 51 Miniaturen von *Manuscrit français 6465* der Bibliothèque nationale in Paris. Graz: Akad. Druck- u. Verl.-Ges., 1987, Tafel 39, S. 199.)

von Musikern begleiteten Zuges bildeten die Mitglieder der 23 Zünfte, ihnen folgten die Priesterschaft und das Allerheiligste. Der von der Stadt gestellte Baldachin wurde von den Ratsherren getragen, und die Heiltümer (u. a. die Reliquien der Hll. Emmeram, Wolfgang und Erhard) wurden mitgeführt. Jede Gruppe wird sich dabei bemüht haben, ihre Zusammengehörigkeit zu demonstrieren. Dies gelang u. a. durch zunftspezifische und/oder besonders prächtige Kleidung. In der Regel führten die jeweiligen Gruppen ein bis zwei große Kerzen mit sich, die während der Veranstaltung entzündet wurden. Ausstattungsgegenstände sowie die Wahl der Kleidung ermöglichte es den Teilnehmenden (vermeintliche) Bonität auszudrücken. Dies lässt Rückschlüsse zu auf ihre Position innerhalb der städtischen Sozialhierarchie.

Doch nicht nur zu den kirchlichen Festtagen zogen feierliche Prozessionen durch die Stadt, auch zu anderen Gelegenheiten nutzen städtische Eliten und Herrschaftsträger die geordnete Bewegung als Medium der Selbstinszenierung. Zu einem der wichtigsten Rituale in der vormodernen Stadt gehörte die jährliche Ratswahl. Ein spätmittelalterlicher Stadtrat konnte sich nicht wie eine Adelsdynastie durch Geblütsrecht auf seine Herrschaft berufen; die Vertretung einer Gemeinde durch wenige aus ihren Reihen musste begründet werden. Aus diesem Grunde ging dem spätmittelalterlichen Ratswechsel ein kompliziertes Verfahren voraus, auch wenn sich der Rat in der Regel aus einem exklusiven Kreis weniger ratsfähiger Familien kooptierte oder gar der neue vom alten Rat gewählt wurde. Zahlreiche einzelne Elemente, wie die eigentlich geheime

Wahl im Ratssaal, die öffentliche Verkündigung vom Balkon oder Fenster des Rathauses, der Amtseid der neuen Ratsherren in der Kirche oder der Treueschwur der Stadtgemeinde, ergaben erst in ihrer Gesamtheit ein gültiges autonomes Verfahren. Prozessionen beispielsweise vom Rathaus zur Stadtpfarrkirche und/oder der Zug des neuen Rates aus der Kirche zurück ins Rathaus waren zentraler Bestandteil der Wahl. Die Einbindung von Gottesdienst, Prozession und Liturgie sorgte für einen transzendenten Charakter, der die Herrschaft des Rates auf diese Weise auch symbolisch legitimierte.

Ein weiterer Anlass großer Festzüge durch die mittelalterliche Stadt war der sog. *Adventus*, der Einzug eines Stadtherrn in seine Stadt. Ein feierlicher *Adventus* war ein sorgsam geplantes und vorbereitetes Ritual, welches unterschiedliche Personenkreise und Rechtshandlungen umfasste. In der Regel begann es mit einem Vortreffen im Felde außerhalb der Stadt, und der erste Kontakt zwischen Stadt und Stadtherrn fand dann am Stadttor statt. Das Stadttor als symbolische Grenze wurde von der Stadt kontrolliert und demonstrierte ihre Herrschaft über den im Inneren liegenden Raum. Die Prozession des Einziehenden stellte damit eine symbolische Inbesitznahme des städtischen Raumes durch den neuen Herrscher dar. Die Route verlief zumeist an den wichtigsten städtischen und religiösen Erinnerungsorten. Der letzte Teil des feierlichen Einzugs bildete die gemeinsame Messe in der jeweiligen Hauptkirche der Stadt, während die rechtlichen Akte (Eid, Huldigung)

auf dem Markt oder vor dem Rathaus stattfanden. Im Gegensatz zu den religiösen Prozessionen, von denen wir oftmals nur kurze Beschreibungen haben, ist der mittelalterliche *Adventus* oftmals im Bild dargestellt und verdeutlicht uns auf besondere Weise die einzelnen Codes der Inszenierung.

Abbildung [1] zeigt den feierlichen Eintritt des französischen Königs Jean II Le Bon in Paris im Jahre 1350; die Darstellung stammt aus den *Grandes Chroniques de France*, einer mehrfach überlieferten, dem französischen Königshaus nahestehenden Chronik, die im 13. Jahrhundert begonnen und im Spätmittelalter weitergeführt wurde. Den Mittelpunkt des Bildes bildet der französische König, kenntlich gemacht durch die Insignien und auf einem mit der französischen Lilie geschmückten Schimmel reitend. Ein wenig hinter dem König – ebenfalls auf einem Schimmel mit scharlachroter Satteldecke reitend – seine Gattin Johanna von Boulogne. Der König und sein Gefolge sind in dieser Szene gerade im Begriff, durch das Stadttor hineinzuziehen. Die vier Herolde an der Spitze des Zuges sieht man bereits nur noch von hinten. Vor dem Stadttor hat sich eine große Menschenmenge versammelt, um den König zu empfangen, und auch die Pariser Geistlichkeit schreitet dem Königspaar mit Prozessionskreuzen entgegen.

Abbildung [2] stammt aus dem Bilderzyklus zur Romfahrt Kaiser Heinrichs VII. und zeigt den Einzug Erzbischof Balduins in Trier im Jahre 1308. Von links her reitet der Erzbischof auf einem mit Schellen geschmückten Pferd heran, begleitet von berittenen Adli-

gen und Rittern; die Person links von ihm stellt vermutlich seinen Bruder Heinrich dar. Ihm werden von der Trierer Geistlichkeit die Reliquien des Domes, allen voran der Trierer Petrusstab, entgegengeführt. Auch auf diesem Bild ist der Erzbischof als zentrale Person deutlich hervorgehoben: dargestellt mit seinen Insignien und ebenfalls auf einem Schimmel reitend. Die symbolische Distinktion der Teilnehmer beschränkt sich also keineswegs auf die Kleidung oder die mitgeführten Ausstattungsgegenstände.

Allerdings liefen die städtischen Einzüge und Umzüge nicht immer so würdevoll und geordnet ab, wie es die organisierenden Institutionen sicherlich gerne gehabt hätten. Zahlreiche normative Quellen geben beredtes Zeugnis ab von Missständen und Regelbrüchen. Für die Regensburger Fronleichnamsprozession wurde im Jahre 1452 besonders betont, dass man keinerlei „Unbescheidenheit und Unzucht“ treiben und die Frauen sich mitnichten unter die Männer mischen sollten. Bei Missachtung drohten teils empfindliche Strafen. Bereits einige Jahre zuvor, im Jahre 1420, hatte es ein Verfahren wegen ungebührlichen Gesangs während der Regensburger Prozessionsfeierlichkeiten gegeben.

Solche Streiffälle und Störungen schlagen sich in den Quellen nieder und sind für die Forschung besonders interessant, geben sie doch einen besonderen Einblick in die Funktionsweise mittelalterlicher Rituale. Die hier vorgestellten Einzüge und Prozessionen wurden nicht zufällig und nebenbei vollzogen, sondern demonstrativ aus dem Alltag hervorgehoben; bestimmte Personen vollzogen bestimmte Gesten und Gebärden, in besonderer Kleidung, mit besonderen Gegenständen und sprachlichen Formeln, zu bestimmten Orten und Zeiten. Doch gerade dieser rituelle Charakter machte die Inszenierung auch anfällig für Störungen. Veränderungen auch nur kleinerer Sequenzen dieses „Codes“, die den zeitgenössischen Teilnehmern bekannt waren, reichten aus, um das Ritual scheitern zu lassen. Dem bereits erläuterten Einzug eines Stadtherrn in seine Stadt gingen oftmals monatelange, teils zähe Verhandlungen voraus, da beide Parteien – der Stadtherr und die Stadt – bei Einzug und Huldigung ihre Stellung möglichst gut begründet sehen wollten. Doch auch die sorgfältigsten Absprachen konnten nicht vor Überraschungen schützen, wie der Einzug Kaiser Maximilians in Freiburg im Jahre 1468 zeigt: Der *Adventus* des Kaisers war von langer Hand geplant und, obwohl einige Male verschoben, von der Stadt ent-



2 Einzug Erzbischofs Balduin von Luxemburg in Trier im Jahre 1308. (Quelle: *Der Weg zur Kaiserkrone. Der Romzug Heinrichs VII. in der Darstellung Erzbischofs Balduins von Trier*, hg. von Michel Margue, Michel Pauly und Wolfgang Schmid. Trier: Kliomedica, 2009, S. 37.)



3 Prozessionen gelten als ‚Vorzeigerituale‘ für die Inszenierung städtischer Herrschaft. Gentile Bellini, *Prozession auf dem Markusplatz*, 1496. Tempera auf Leinwand, 357 x 745 cm. Galleria dell'Accademia. Venedig. (Quelle: Mit freundlicher Genehmigung des Ministero per i Beni e le Attività Culturali [Soprintendenza speciale per il Polo Museale Veneziano].)

sprechend vorbereitet. Entlang der Einzugsroute sollten Mitglieder der Zünfte im Harnisch Spalier stehen und so den Kaiser gebührend empfangen, gleichzeitig aber auch die Wehrhaftigkeit der Stadt demonstrativ zur Schau stellen. Dieser Akt symbolischer Kommunikation zwischen Stadtherrn und Stadt aber scheiterte: Der König zog von Norden her kommend durch ein anderes Tor in die Stadt ein und umging damit das neue, repräsentative Stadtzentrum. Die Stadt wurde von dem Verhalten des Kaisers gänzlich überrascht, ihr blieb keine Zeit mehr, die alternative Route angemessen herzurichten, und sie wurde damit um die Gelegenheit zur Selbstinszenierung gebracht.

Ein abschließender Blick über die Epochen-grenze hinaus mag verdeutlichen, wie solch bewusste Störungen von Prozessionsritualen besonders in der Frühen Neuzeit zu einem Instrument konfessioneller Auseinandersetzungen wurden. Konfrontiert mit einer drohenden Seuche riefen Rat und Kle-

rus der Stadt Göttingen im Jahre 1529 zu einer Bittprozession auf. Gemeinsam sollten Stadtklerus und Bürgergemeinschaft auf ihrem Umgang sämtliche Göttinger Kirchen besuchen und sich auf diese Weise den Schutz der städtischen Heiligen sichern. Doch die einträchtig veranstaltete Zeremonie fand eine jähe Unterbrechung: Vor einem Haus hatten sich die reformatorisch gesinnten „Neuen Wollenweber“ versammelt, um die Kleriker zu verspotten. Statt eines „*Ora pro nobis*“ sangen sie „*Ohr ab, zum Dor aus!*“ oder „*Der Haare bar, auf der Kirchen Tattar!*“ und übertönten die lateinischen Gesänge mit den Übersetzungen Luthers. Die Ordnungsversuche der städtischen Beamten blieben erfolglos. Die öffentliche Demonstration der Wollenweber sollte zum zentralen Ereignis für den Göttinger Reformationsprozess werden.

Im konfessionellen Zeitalter eigneten sich die Prozessionen besonders als Zeichen konfessioneller Abgrenzung. Von Luther ab-

gelehnt, boten sie dem nachtridentinischen Katholizismus eine Bühne altgläubiger Selbstdarstellung und wurden umso prächtiger inszeniert. Neben den üblichen Ausstattungsgegenständen wie Reliquien, Kerzen und Fahnen gab es eine immer größere Anzahl von Bildern und Bildtafeln. Diese Bilder stellten Szenen aus dem Leben Jesu oder seiner Passion dar, konnten aber auch ganz konkret genutzt werden, um Spottbilder umherzutragen. So feierten die Osnabrücker Dominikaner die Wiedereinführung des katholischen Ritus in ihrer Stadt mit einer ganz besonderen Prozession: Neben den feierlichen Würdenträgern, dem Sakrament und einem Marienbild wurde auch eine Darstellung Luthers mitgeführt:

*„in der person eines lutherischen predigers außgemacht, und ein closter nonnen, so s[eligen] Lutheri weib sol sein, hat ein außgeputzter teufel beyd in einer ketten geleythet und mit einem pferdte schwantze fort getriebenn.“*



© Referat Kommunikation UR

**Dr. phil. Sabine Reichert**, geb. 1979 in Osnabrück. Studium der Mittleren Geschichte, Historischen Hilfswissenschaften und Volkskunde/Europäische Ethnologie in Münster. Von 2007 bis 2013 war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin des Arbeitsbereichs Mittlere und Neuere Geschichte und Vergleichende Landesgeschichte an der Universität Mainz. Sie promovierte 2012 mit einer Arbeit zum Verhältnis von Bürgern und Kathedralkirche in mittelalterlichen Bischofsstädten. Seit Januar 2013 ist sie wissenschaftliche Koordinatorin des Themenverbunds „Urbane Zentren und Europäische Kultur in der Vormoderne“ an der Universität Regensburg.

**Forschungsschwerpunkte:** Stadtgeschichte, Frömmigkeit, Mittelalter-Rezeption.

# „Make it stick“

## Kovalente Inhibitoren in der Medizinforschung

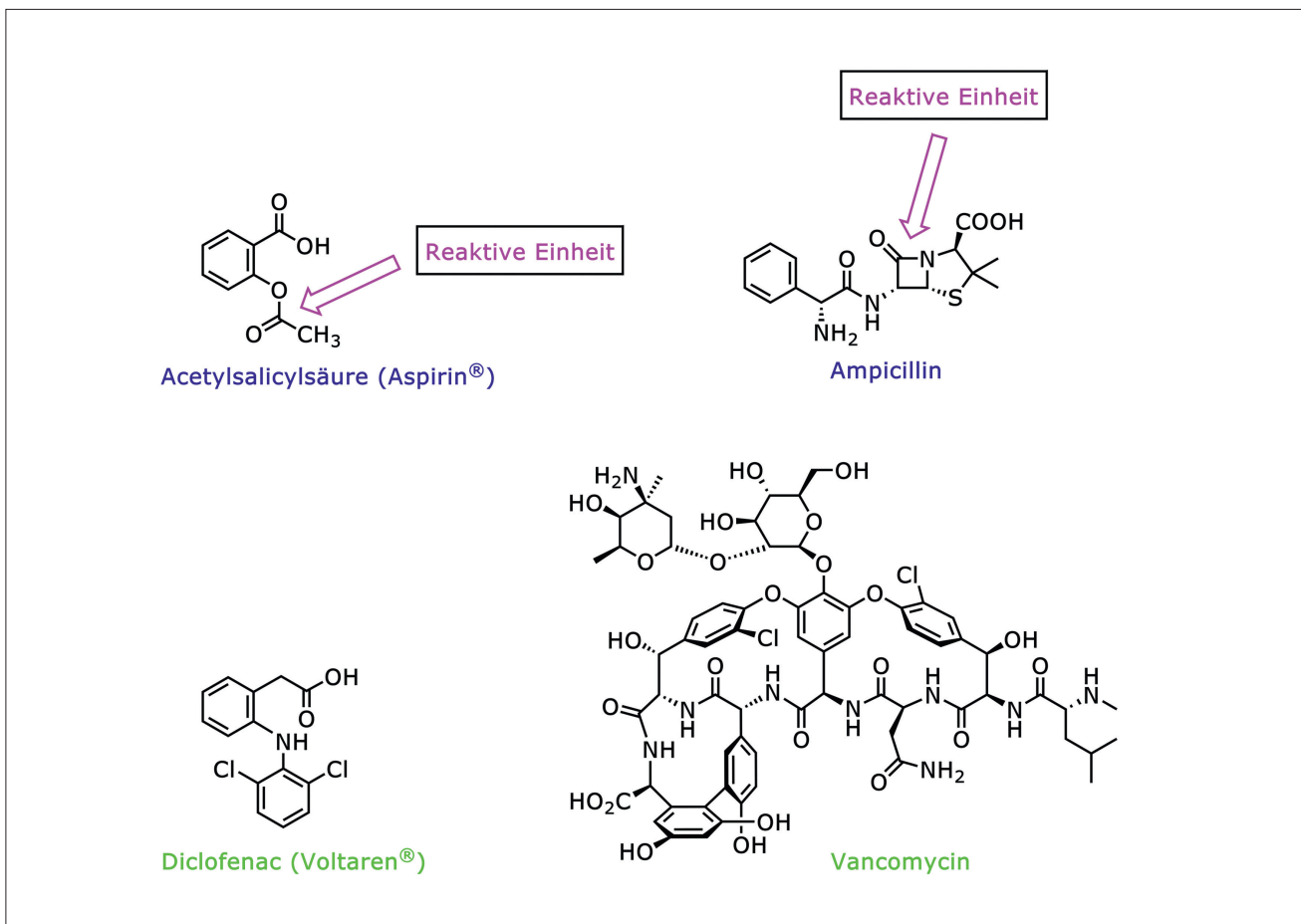
Sabine Amslinger

Bei der Entwicklung neuer Wirkstoffe bzw. beim Einsatz bekannter Medikamente spielt die Vermeidung von Nebenwirkungen eine entscheidende Rolle. Diese Eigenschaft von Substanzen – neben dem gewünschten Wirkort nicht an weiteren Stellen anzugreifen – wird als Selektivität bezeichnet. Die Aufgabe der Pharmaforschung besteht nun darin, Moleküle bereitzustellen, die zur selektiven Bekämpfung einer Krankheit verwendet werden können. Ziel ist es, eine hohe pharmakolo-

gische Aktivität zu erreichen und gleichzeitig die Toxizität in einem tolerierbaren Rahmen zu halten.

Die Bekämpfung des Krankheitsprozesses erfolgt üblicherweise durch Eingriff in die Aktivität von Proteinen, häufig Enzymen, um die Bildung bestimmter Stoffe zu hemmen oder zu stimulieren. Es kann aber auch allgemein die Verknüpfung und Prozessierung von Biomolekülen wie Proteinen, Lipiden und Nukleinsäuren sowie Pri-

mär- und Sekundärmetaboliten beeinflusst werden. Entscheidend ist die Wechselwirkung des in der Regel vergleichsweise kleinen Wirkstoffmoleküls mit Teilstrukturen aus meist großen Biomolekülen wie Proteinen. Wie gelingt es nun, hohe Aktivitäten eines Wirkstoffs zu erzielen? Hohe Aktivität heißt in der Regel eine starke Bindung, d. h. hohe Affinität (= Verweilzeit) am jeweiligen Wirkort – dem ‚Target‘. Dies kann auf zweierlei Weise realisiert werden:



1 Beispiele für zwei Schmerzmittel (Acetylsalicylsäure und Diclofenac) und zwei Antibiotika (Ampicillin und Vancomycin), wobei jeweils eine der beiden Verbindungen eine Reaktiveinheit zur Ausbildung der kovalenten Bindung besitzt.

(1) Multiple nicht-kovalente Bindungen/ Wechselwirkungen, die eine Gesamtwchselwirkung aufgrund eines Netzwerkes von Interaktionen ergeben.

(2) Eine kovalente Bindung. Das heißt im Fall der irreversiblen Bindung eine Verweilzeit bis zum Abbau des Proteins bzw. bei reversiblen kovalenten Reaktionspartnern eine reaktivitätsabhängige Umkehrung des Bindungsschrittes.

Konzeptionell könnte man leicht vermuten, dass es erheblich einfacher ist, nur eine kovalente Bindung zu knüpfen, die den Wirkstoff bzw. Teile des Wirkstoffs irreversibel an den Wirkort bindet. Dies steht aber im direkten Gegensatz zur Selektivität, die sich durch eine Unterscheidung ähnlicher Wirkorte auszeichnet und üblicherweise durch eine Mehrzahl von nicht-kovalenten Wechselwirkungen erreicht wird. Das scheinbare Dilemma liegt in der Natur der beiden Bindungstypen: bei einer kovalenten Bindung handelt es sich um eine starke Bindung, nämlich eine Molekülbindung als kürzeste Verbindung von zwei Atomen; nicht-kovalente Bindungen oder Wechselwirkungen sind im Vergleich deutlich schwächer, daher ist für eine ausreichende Affinität bzw. Bindung an das Target eine größere Anzahl dieser schwachen Interaktionen notwendig. Die Lösung des Selektivitätsproblems erscheint nun naheliegend, indem man die Struktureinheit einer nicht-kovalenten Zielstruktur mit einer kovalenten Bindungseinheit kombiniert.

### Kovalentinhibitoren werden vielfach eingesetzt

Trotz dieser sich anbietenden Strategie haben kovalent wirkende Moleküle einen schlechten Ruf in der Medikamentenentwicklung und werden häufig aus Screening-Verfahren, die neue Leitstrukturen identifizieren sollen, ausgeschlossen. Grund hierfür ist die Annahme, dass die für die Ausbildung kovalenter Bindungen benötigte chemische Reaktivität mit unspezifischen, ungewollten Bindungsknüpfungen einhergeht, die Toxizität auslösen. Trotzdem sind einige der bekanntesten und meistgenutzten Medikamente Kovalentinhibitoren, d. h. Moleküle die durch die Hemmung eines krankheitsrelevanten Targets funktionieren. Tatsächlich geht man davon aus, dass bis zu 30 % aller Medikamente auf Basis von kovalenten Bindungen wirken. In [1] ist ein Vergleich von

**Tabelle 1:** Beispiele für bekannte Medikamente und ihre Wirkmechanismen

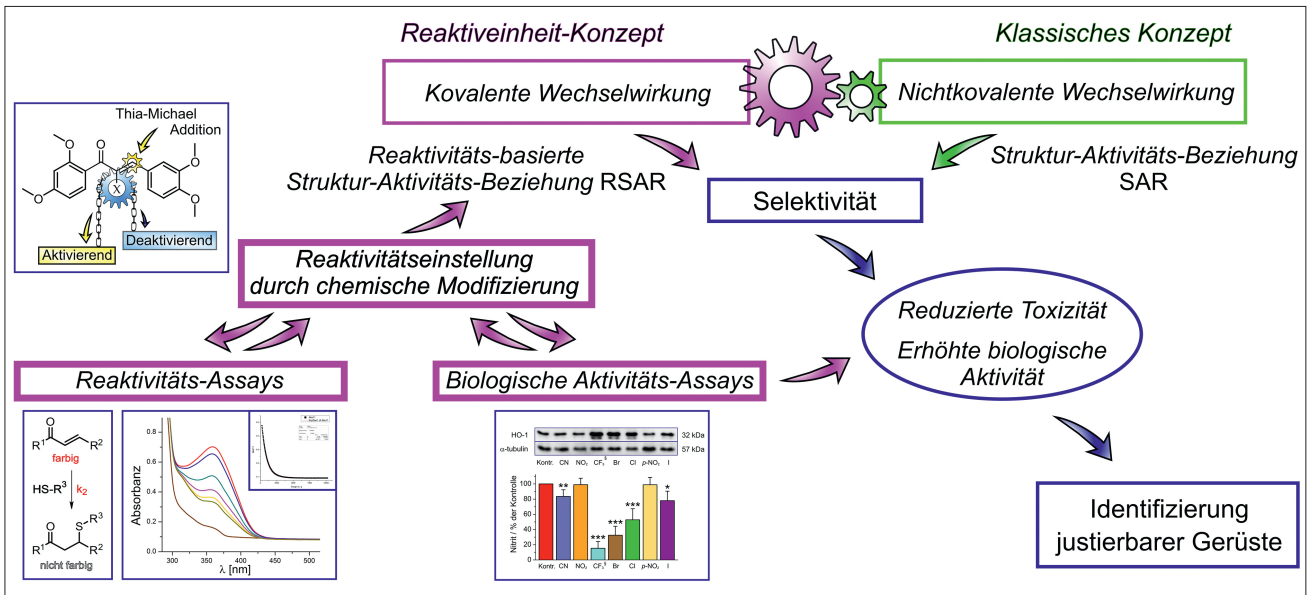
Verbindung	Bindungstyp	Wirkmechanismus
Acetylsalicylsäure	kovalent	Acylierung von Ser530 in Cyclooxygenase-1 (COX-1); initiale Wechselwirkung mit Arg120, Tyr385
Diclofenac	nicht-kovalent	Bindung in das Aktive Zentrum der Enzyme COX-1/COX-2; wichtiger Aminosäurerest für die Interaktion ist Arg120
Ampicillin	kovalent	Acylierung von Serin-Resten der bakteriellen Transpeptidasen
Vancomycin	nicht-kovalent	Bindung des Substrates D-Ala-D-Ala der bakteriellen Transpeptidasen über Vancomycin-Peptidrückgrat

jeweils einem kovalent und nicht-kovalent-wirkenden Schmerzmittel gezeigt, welche beide an die Schmerzmediatoren produzierenden Enzyme Cyclooxygenase-1 bzw. Cyclooxygenase-2 (COX-1/COX-2) binden. Ebenso sind die beiden Antibiotika Ampicillin und Vancomycin gezeigt, wobei das Reserveantibiotikum Vancomycin aufgrund eines komplexen 3D-Netzwerkes seine Funktion entfaltet. Im Gegensatz dazu erscheint das kovalent-wirkende Ampicillin aus der Gruppe der Penicilline strukturell sehr einfach und ist trotz auftretender Resistenzen ein weiterhin oft verwendetes Antibiotikum. Interessanterweise werden ähnliche bzw. dieselben Wirkstrukturen angegriffen, die Inhibierung aber durch unterschiedliche Bindungsmodi erreicht [Tab. 1].

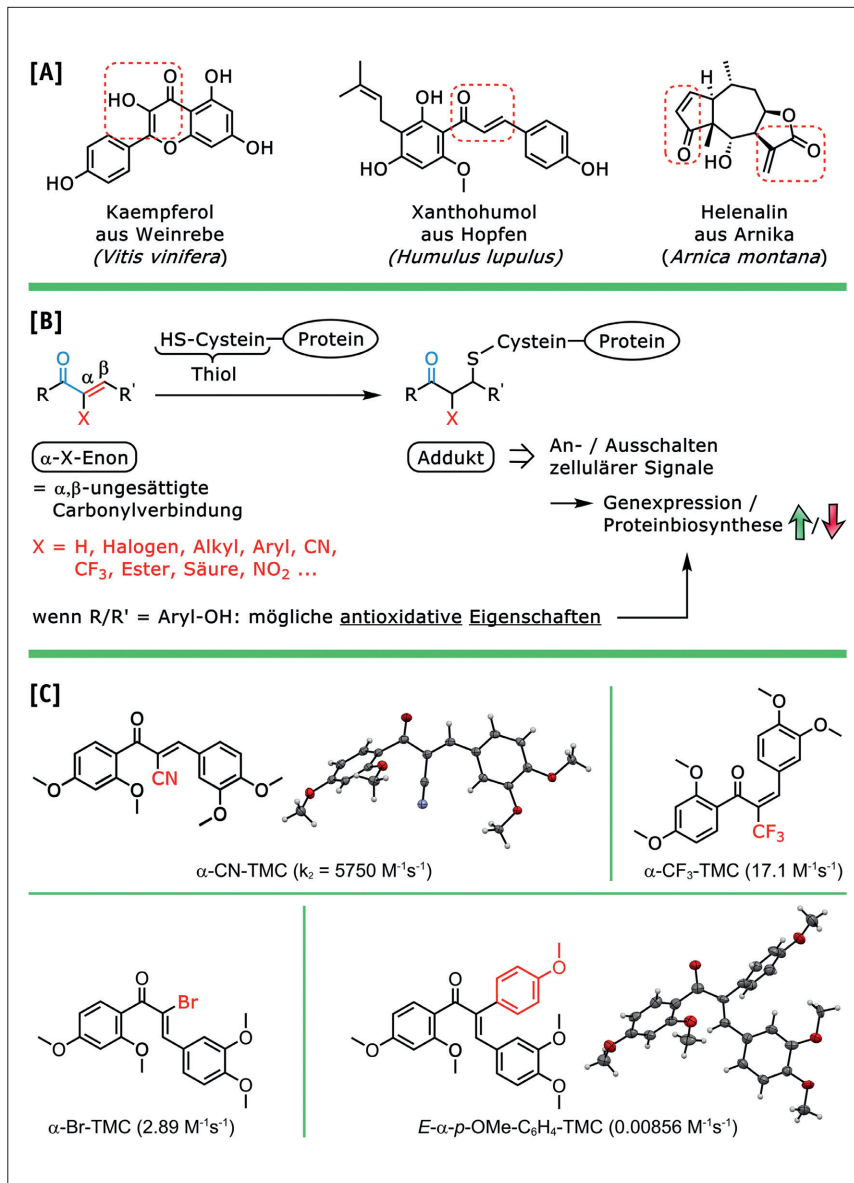
Die Herausforderung für die Entwicklung neuer, kovalent-bindender Wirkstoffe zur Erreichung der geforderten pharmakologischen Wirksamkeit (Potenz), der Selektivität und entsprechend niedrigen Toxizität wird entscheidend durch die Wahl der ‚Reaktiven Einheit‘ beeinflusst. Von besonderer Bedeutung ist hier die Feinjustierbarkeit der chemischen Reaktivität, welche die Interaktion – sprich chemische Bindung – nur an bestimmte Teile von Proteinen, d. h. spezifische Aminosäurereste, erlauben soll. Allerdings kann so eine Reaktiveinheit nicht iso-

liert für sich betrachtet werden, sondern ist immer Teil einer größeren Molekülstruktur, die ein nicht-kovalentes Bindungsnetzwerk vorgibt, welches hilft, Selektivität zu erzeugen. Diese Kombination von ‚Klassischem Konzept‘, nämlich der Konzentration auf eine Summe nicht-kovalenter Wechselwirkungen mit dem ‚Reaktiveinheit-Konzept‘, ist in [2] gezeigt und stellt die Grundlage unserer Forschungsarbeiten dar, wobei wir uns weitgehend auf das Reaktiveinheit-Konzept stützen und dessen Anwendungsbreite untersuchen. Unser Ziel ist es insgesamt, durch eine Verzahnung beider Konzepte Strategien zu entwickeln, die die Identifizierung geeigneter, feinjustierbarer Gerüste erlauben – sprich kleiner organischer Moleküle mit Bindungs- und Reaktiveinheiten.

Bei der Auswahl geeigneter funktioneller Gruppen, die als Reaktiveinheiten dienen können, lohnt sich ein Blick in die Natur, wo sich zahlreiche, meist pflanzliche und mikrobielle Naturstoffe als potente Wirkstoffe bzw. Leitstrukturen zur Wirkstoffentwicklung identifizieren lassen. Hier treten besonders elektrophile Substanzen in den Vordergrund, wobei sowohl eine große strukturelle Diversität als auch chemische Reaktivität vorliegt. Die zuvor gezeigte Ester-Einheit in Acetylsalicylsäure und die  $\beta$ -Lactam-Einheit des Ampicillins sind zwei Beispiele für solche elektrophile Reaktiveinheiten.



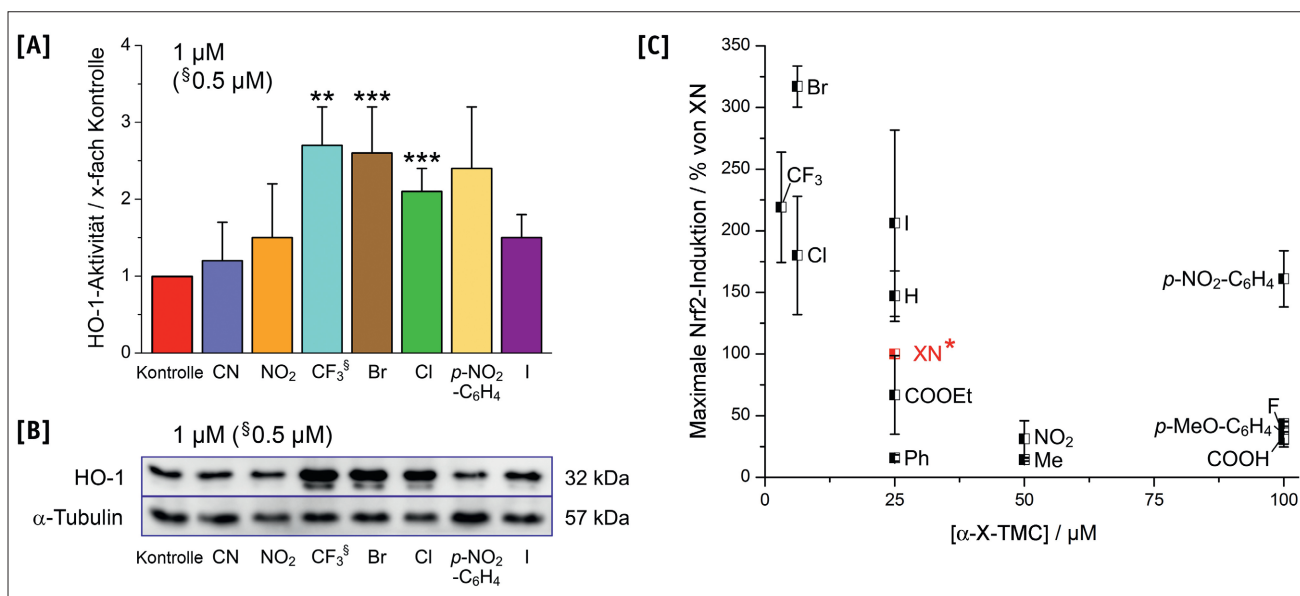
2 Forschungskonzept: Verknüpfung von Chemischer Reaktivität mit Biologischer Aktivität als Basis zur Identifizierung justierbarer/modulierbarer Gerüste für die Entwicklung neuer kovalent-basierter Wirkstoffe. Assays bezeichnet experimentelle Tests zur Quantifizierung eines Effekts.



### Die Enon-Einheit – Teilstruktur vieler Naturstoffe

Die  $\alpha,\beta$ -ungesättigte Carbonyl-Einheit, auch Enon-Einheit genannt, ist durch ihre Reaktivität als Elektrophil gekennzeichnet, d. h. sie kann an elektronenreiche (= nukleophile) Positionen eines anderen Moleküls binden. Besonders wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass sich diese Reaktivität aufgrund ihrer strukturellen Variabilität bezüglich ihrer Reaktivität sehr gut fein einstellen lässt.

3 Bedeutung von Enonen. [A] Die Enon-Einheit ( $\alpha,\beta$ -ungesättigte Carbonyl-Einheit) kommt in vielen Naturstoffen vor, die sowohl in Nahrungsmitteln als auch Arzneipflanzen zu finden sind. [B] Gleichzeitig lässt sich die Enon-Einheit chemisch gezielt modifizieren. Ein Substituent X in der  $\alpha$ -Position hat sich als besonders effizient zur Modifikation erwiesen. Entscheidend für die Reaktivität der Enone ist die Addition von Protein-Thiolgruppen (= Cystein-Resten), was zur Beeinflussung der Gen- und Proteinexpression verwendet werden kann. [C] Anhand der Naturstoff-basierten  $\alpha$ -X-substituierten Tetramethoxychalkone ( $\alpha$ -X-TMCs) konnte gezeigt werden, wie sowohl die chemische Reaktivität (angegeben als kinetische Konstante  $k_2$ ) als auch die 3D-Struktur verändert werden kann (exemplarische Röntgen-Strukturen sind für  $\alpha$ -CN-TMC und E- $\alpha$ -p-OMe-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-TMC gezeigt).



4 Entzündungshemmende Effekte der  $\alpha$ -X-TMCs anhand der Stimulation des antientzündlichen Enzyms Hämooxygenase-1 (HO-1) in RAW264.7-Zellen. [A] HO-1-Enzymaktivität; [B] HO-1-Protein-Expression (Westernblot); [C] Aktivierung des zur HO-1-Induktion notwendigen Transkriptionsfaktors Nrf2. Die Induktionsaktivität ist in Beziehung zum bekannten Nrf2-Stimulator Xanthohumol (XN\*) gesetzt. Signifikanzniveaus: \*\*\*,  $p < 0.001$ ; \*\*,  $p < 0.01$ .

## Chalkone als ideale Modell-Enone zur Feinjustierung

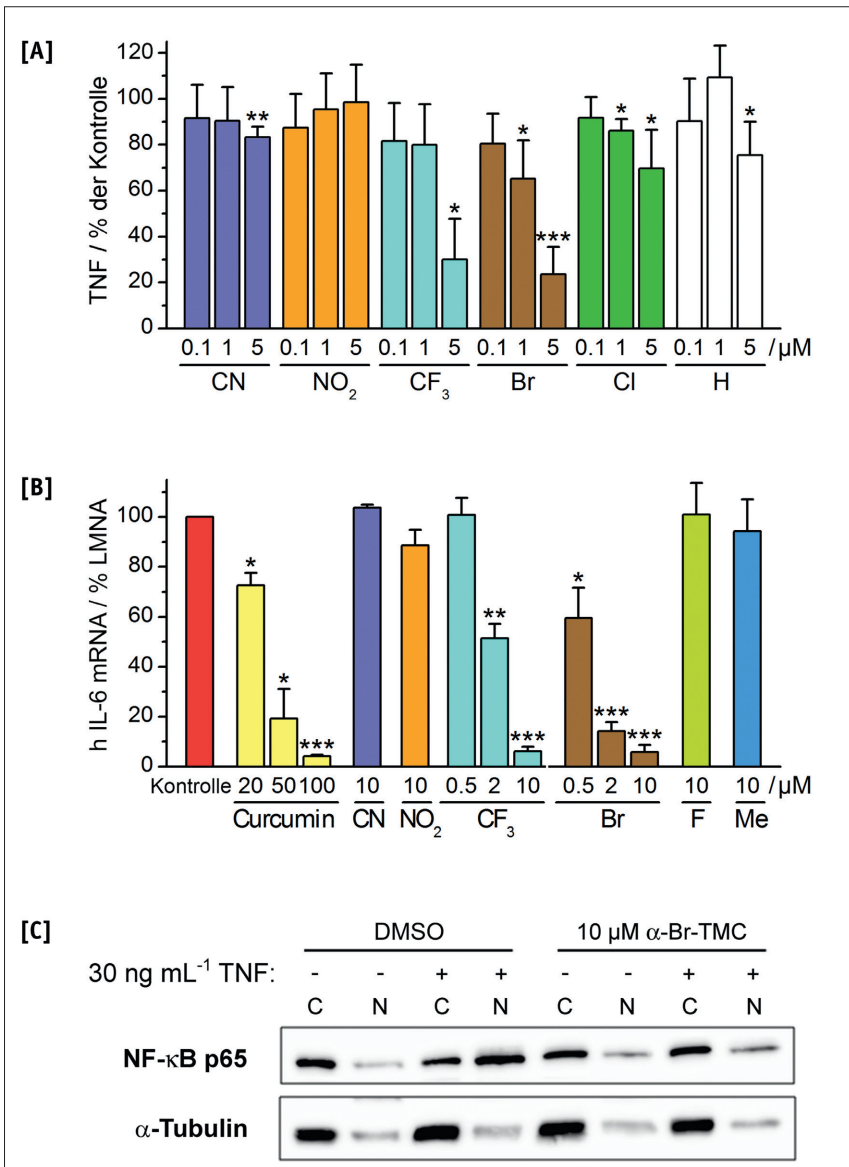
Chalkone (1,3-Diphenyl-prop-2-enone) sind Naturstoffe, die als biosynthetische Vorstufen der Flavonoide dienen und in vielen Pflanzen vorkommen. Beispiele sind das Xanthohumol [3 A] aus Hopfen, Isoliquiritigenin aus Süßholz und verschiedene Hydroxymethoxychalkone aus Tomate, Dahlie oder Weichsel. Beim Einsatz der  $\alpha$ -X-2',3,4,4' Tetramethoxychalkone ( $\alpha$ -X-TMCs) zur Untersuchung des Einflusses des Substituenten X auf die chemische Reaktivität und biologische Aktivität wurde gezielt eine vollständig methoxylierte Verbindung aus der Klasse der Polyphenole eingesetzt. Dies soll antioxidative Eigenschaften zurückdrängen, die bei polyphenolischen Verbindungen üblicherweise von freien Hydroxygruppen an den aromatischen Ringen abhängen. Solche antioxidativen Eigenschaften besitzen beispielsweise das Flavon Kaempferol, aber auch Xanthohumol [3 A]. Stattdessen soll die sog. Michael-Akzeptor-Aktivität, d. h. die Bildung von Thiol-Addukten mit Cystein-Resten von Proteinen, als Werkzeug zur Beeinflussung biologischer Aktivitäten dienen [3 B]. Diese Addukte stellen kovalente Alkylierungsprodukte der elektrophilen Enone mit den nukleophilen Thiol-Resten der Proteine dar. Die für eine therapeutische Anwendbarkeit notwendige Selektivität kann nun prinzipiell durch zweierlei Einflussgrößen erhalten werden:

(1) Die chemische Reaktivität des Elektrophils. So können nur bestimmte Stellen des Proteins, d. h. eine Auswahl nukleophiler Aminosäurereste wie Cystein-Sulphydryl-Gruppen, alkyliert werden.

(2) Einbettung oder Anbindung der Enon-Einheit in bzw. an eine strukturelle Einheit, die mit Hilfe von nicht-kovalenten Wechselwirkungen eine ausreichende Verweilzeit an bzw. nahe der gewünschten kovalenten Bindungsstelle ermöglicht.

Um die chemische Reaktivität des Elektrophils zu beeinflussen, hat die synthetische Organische Chemie unterschiedliche Möglichkeiten. Insgesamt gilt es, eine Balance zu finden, welche nicht nur eine schlichte Erhöhung der Reaktivität einschließt, sondern auch, wenn möglich, die Toxizität aufgrund ungewollter unselektiver Alkylierungsreaktionen niedrig hält. Dies stellt die größte Herausforderung bei der Entwicklung von Kovalentwirkstoffen dar, und war/ist auch der verbreitetste Kritikpunkt an diesem Konzept. Es ist also notwendig, ein sog. Reaktivitätsfenster zu identifizieren, in welchem die Substanz trotz ausreichender biologischer Aktivität (Potenz) selektiv reagiert. Man spricht in diesem Zusammenhang von einem ‚Reaktivitätsfenster‘, um anzudeuten, dass hier ein enger Bereich getroffen werden muss. In [3 C] sind beispielhaft vier Substanzen aus der Klasse der Chalkone gezeigt, die aus einer Gruppe von 14 Derivaten entnommen worden sind. Dabei konnten

Reaktivitätsunterschiede für die Adduktbildung des Modellthiols Cysteamin mit den  $\alpha$ -X-TMCs (X = H, F, Cl, Br, I, CN, Me, p-NO<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, Ph, p-OMe-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, CF<sub>3</sub>, COOEt, COOH) von 1.6 Millionen gefunden werden, das bedeutet sechs Größenordnungen. Die Herstellung eines entsprechenden Doppelbindungsisomeres der Verbindung *E*- $\alpha$ -p-OMe-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-TMC [3 C] konnte dieses Reaktivitätsfenster nochmals erweitern. Auf diese Weise haben wir Reaktivitätsunterschiede von 300 Millionen für eine kovalente Bindungsbildung unserer elektrophilen Chalkone mit entsprechend nukleophilen Cystein-Resten in der Zelle zur Verfügung. Diese in der Tat sehr großen Unterschiede in der chemischen Reaktivität (man vergleicht hier kinetische Konstanten  $k_2$  mit Werten von 5750 – 0.0000196 M<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>, wobei große Werte hoher Elektrophilie entsprechen) erlauben allerdings noch keinerlei Vorhersagen zur biologischen Aktivität dieser Verbindungen. Außerdem ist es notwendig, den von uns entwickelten Thiol-Reaktivitätstest auf weitere Substanzklassen zu erweitern, was augenblicklich ein wichtiges Forschungsziel unserer Arbeitsgruppe darstellt. Bezüglich der biologischen Aktivitäten ist es unsere Zielsetzung, entzündungshemmende Substanzen zu erzeugen; aber auch eine Wirkung gegen Krebszellen, die Hemmung des programmierten Zelltods nach Zellschäden (Apoptose) sowie neuroprotektive Eigenschaften sind für uns von großem Interesse.



5 Entzündungshemmende Effekte der  $\alpha$ -X-TMCs anhand der Inhibition der entzündungsfördernden Proteine [A] Tumornekrosefaktor (TNF) in primären humanen Makrophagen; [B] humanem Interleukin-6 (h IL-6) in HeLa-Zellen; [C] Hemmung der Aktivierung des zur TNF- und IL-6-Induktion notwendigen Transkriptionsfaktors NF- $\kappa$ B in HeLa-Zellen. C, cytosolischer Extrakt; N, nuklearer Extrakt. Signifikanzniveaus: \*\*\*,  $p < 0.001$ ; \*\*,  $p < 0.01$ ; \*,  $p < 0.05$ .

## Entzündungen – Segen und Fluch

Das Immunsystem des Menschen erfüllt seine Funktion, indem es auf das Eindringen körperfremder Substanzen oder Organismen bzw. Erreger oder Teile von diesen reagiert und diese Eindringlinge eliminiert, außerdem ist es an der Heilung nach Zellschädigungen wie Verletzungen beteiligt. Um das zu bewerkstelligen, ist ein sehr komplexes Zusammenspiel von Zellen und Biomolekülen wie Proteinen notwendig. Wichtige Zelltypen sind beispielsweise B-Zellen, die Antikörper erzeugen, und T-Zellen aus dem Blut, aber auch Makrophagen, die in Ge-

weben ihre Funktion ausführen. Diese Zellen ‚sprechen‘ miteinander, indem sie nach dem Erkennen eines Eindringlings Proteine herstellen und diese an benachbarte Zellen bzw. ins Blutplasma abgeben und so Gefahr signalisieren. Auf diese Weise werden komplexe Signalwege ausgelöst, mit deren Hilfe die Bekämpfung/Eliminierung des Eindringlings bzw. Reparatur eines Schadens erreicht wird. Klassische Zeichen der Entzündung sind: Fieber, Schmerz, Rötung, Schwellung und Funktionseinschränkung. Diese benötigten und gewünschten Reaktionen geraten bei Autoimmunerkrankungen aus dem Ruder, wobei der Körper eine

Immunreaktion gegen körpereigene Bestandteile auslöst. Aus diesem Grund werden Entzündungshemmer benötigt, die zum einen bei ernsthaften Infektionen zum Einsatz kommen, aber insbesondere auch bei Autoimmunerkrankungen wie chronischen entzündlichen Darmerkrankungen (Morbus Crohn, Colitis ulcerosa), rheumatoide Arthritis und Multiple Sklerose.

Um nun Experimente bezüglich des entzündungshemmenden Verhaltens eines Moleküls durchführen zu können, muss als erster Schritt ein Konzentrationsbereich für die Testungen identifiziert werden, in welchem kein relevanter Einfluss auf die Zellviabilität – sprich die Lebensfähigkeit der Zellen – ausgeübt wird. Das heißt man testet auf entzündungshemmende Effekte bei Konzentrationen, die nicht toxisch für die Zellen sind. Wir verwenden beispielsweise eine Immunzelllinie aus der Maus, nämlich die Makrophagen RAW264.7, mit deren Hilfe Entzündungen gut simuliert werden können. Konzeptionell wird die Zelle durch Gabe eines Bakterienbestandteils, üblicherweise Bakterienzellwand oder eines immunstimulierenden Proteins, in Alarmbereitschaft versetzt, was sich durch eine Entzündungsreaktion manifestiert. Ziel der Entwicklung neuer Entzündungshemmer ist es nun, die Entzündungsreaktion abzumildern bzw. zu hemmen. Dazu ist es notwendig, Substanzen einzusetzen, die entweder entzündungsfördernde Proteine hemmen oder entzündungshemmende Proteine stimulieren.

Wir verfolgen beide Ansatzpunkte anhand unterschiedlicher Proteinaktivitätstests, aber auch eine Quantifizierung der Proteinbiosynthese sowie der Genexpression sind gängige Methoden, die wir zum Nachweis der Entzündungshemmung einsetzen.

## Entzündungshemmung durch Reaktivitätsmodulierung

Die von uns identifizierten Elektrophil-Reaktivitäten der  $\alpha$ -X-TMCs zeigten einen starken Zusammenhang mit ihrer Toxizität, wobei die beiden sehr starken Elektrophile nicht toxisch sind, was einer zellulären Abfangreaktion für zu starke Elektrophile zugeschrieben werden kann. Gleichzeitig zeigen die chemisch



mittleren bis starken Elektrophile eine entsprechend potente Entzündungshemmung, wohingegen die schwachen Elektrophile inaktiv sind. Konkret konnten wir dies an der Untersuchung des antientzündlichen Proteins Hämoxxygenase-1 (HO-1) zeigen. Ein entzündungshemmender Effekt wird hier durch eine Erhöhung der Enzymaktivität dieses Proteins erreicht, was mittels einer Stimulierung der Genexpression und damit Proteinexpression erfolgt. In [4 A] ist die Enzymaktivität für HO-1 nach Stimulation der Mausemakrophagen RAW264.7 mit den chemisch reaktivsten  $\alpha$ -X-TMCs gezeigt. Analog zum Fehlen der Toxizität der reaktivsten Verbindungen,  $\alpha$ -CN-TMC und  $\alpha$ -NO<sub>2</sub>-TMC, konnte keine signifikante Stimulation der HO-1-Aktivität nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu zeigen die in der Reaktivität nachfolgenden Verbindungen mit X = CF<sub>3</sub>, Br und Cl sehr gute Aktivität. Dies ent-

spricht auch der Proteinexpression [4 B] und der Aktivierung des für die Genexpression benötigten Proteins Nrf2 [4 C].

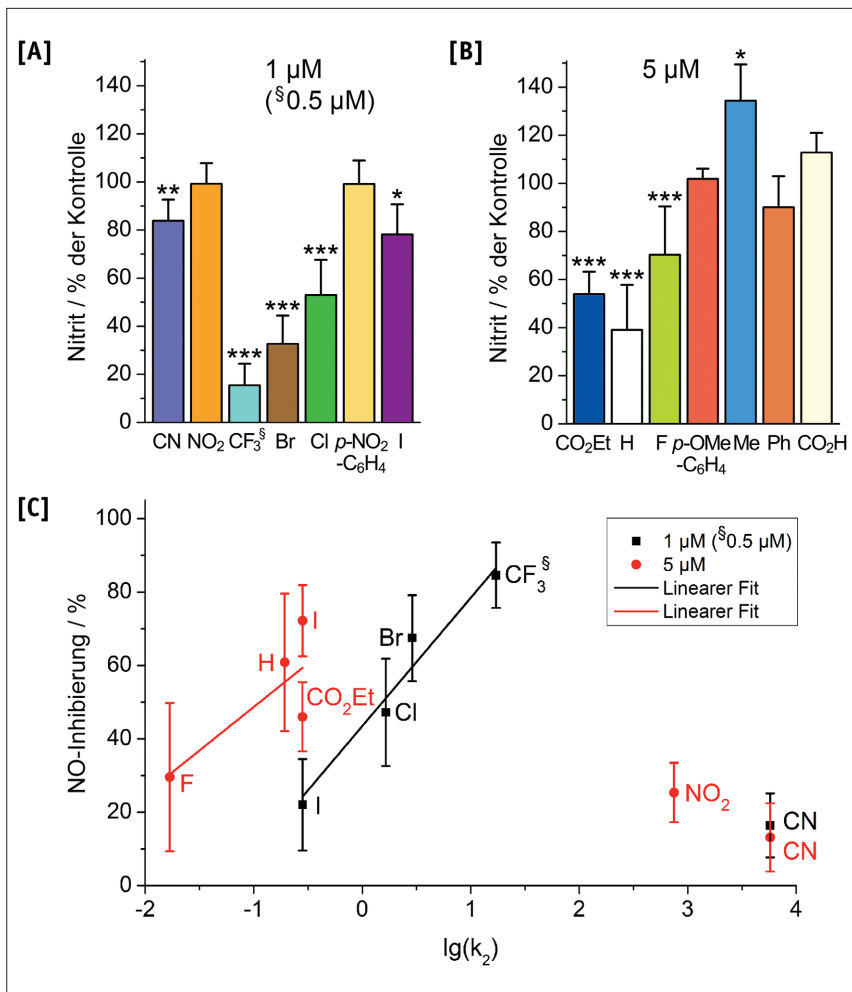
In weiteren Studien haben wir die entsprechend umgekehrte Zielsetzung verfolgt. Im Gegensatz zu einer Verbesserung der Entzündung durch Erzeugung antientzündlich wirkender Produkte bzw. Herabsetzung der Menge entzündungsfördernder Substanzen mittels des Enzyms HO-1 kann eine Entzündungshemmung auch durch eine Inhibierung der Expression entzündungsfördernder Proteine erreicht werden. In [5 A, B] ist die Inhibierung zweier entzündungsfördernder Proteine dargestellt. Im Teil A wurde in humanen Makrophagen aus Spenderblut der u. a. für die Gefährlichkeit der Sepsis verantwortliche Entzündungsmediator Tumornekrosefaktor (TNF) untersucht. Im Teil B wurde die Genexpression eines weiteren Entzündungsproteins des Menschen verfolgt –

konkret humanes Interleukin-6 (h IL-6). In beiden Fällen konnte wiederum bestätigt werden, dass nicht die chemisch besten Elektrophile die beste biologische Aktivität besitzen, sondern Moleküle mit mittlerer Reaktivität. Schwache Elektrophile waren hingegen inaktiv. Als Positivkontrolle diente in einem Fall Curcumin, welches ein bekannter NF- $\kappa$ B-Inhibitor ist. Im Teil C wird der Nachweis geführt, dass die Aktivierung des für die Genexpression von TNF und IL-6 notwendigen Transkriptionsfaktors NF- $\kappa$ B durch die Substanz  $\alpha$ -Br-TMC verhindert wird. Damit ist der Einfluss auf genetischer Ebene direkt nachgewiesen.

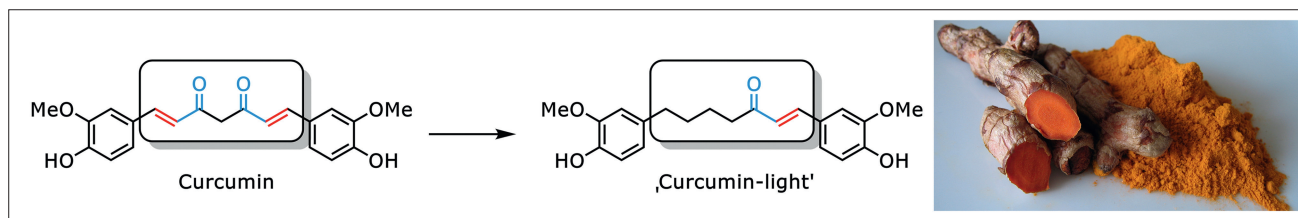
Antientzündliche Effekte können auch anhand des ebenfalls NF- $\kappa$ B-abhängigen, entzündungsfördernden Proteins induzierbare Stickstoffmonoxid(NO)-Synthase (iNOS) untersucht werden [6]. Hier wurde in RAW264.7-Zellen die Inhibierung der NO-Produktion anhand des im Medium auftretenden Nitrits (NO<sub>2</sub>, ein Oxidationsprodukt von NO) quantifiziert. Bei niedrigen Konzentrationen zeigten dieselben Verbindungen wie zuvor gute bis sehr gute Aktivitäten, bei höheren Konzentrationen wiesen auch einige der weniger elektrophilen Substanzen biologische Aktivität auf.

In [6 C] ist der Zusammenhang der chemischen Reaktivität gegen die biologische Aktivität anhand der NO-Inhibierung aufgetragen, wobei eindeutig ein starker Zusammenhang besteht. Allerdings muss sich die Reaktivität in einem gewissen Rahmen bewegen und Sekundärinteraktionen von X, wie sie in X = COOEt und *p*-NO<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub> auftreten können, müssen ausgeschlossen sein. Das heißt mit anderen Worten, dass die durch das Tetramethoxychalkon-Gerüst vorgegebenen Wechselwirkungen im Kontext einer Bindungsstelle durch diese zusätzlichen wechselwirkenden Reste ergänzt bzw. signifikant verändert werden, was sicherlich auch teilweise von der 3D-Struktur des gesamten Moleküls abhängt.

Von entscheidender Bedeutung ist die Tatsache, dass sich durch ein gezieltes Feineinstellen das erhoffte bzw. geforderte Reaktivitätsfenster erzeugen ließ, was direkt in einen antientzündlichen Effekt umgesetzt werden konnte. Momentan arbeiten wir an weiteren Gerüsten, die wir durch das Einführen einer Reaktivseinheit als mögliche Entzündungshemmer entwickeln wollen.



6 Entzündungshemmende Effekte der  $\alpha$ -X-TMCs anhand der Inhibierung des entzündungsfördernden Proteins induzierbare Stickstoffmonoxid(NO)-Synthase (iNOS) in RAW264.7-Zellen. [A], [B] Hemmung der Nitrit/NO-Produktion; [C] Struktur-Aktivitäts-Beziehung auf Basis der chemischen Reaktivität ( $k_2$ ) vs. NO-Inhibierung. Signifikanzniveaus: \*\*\*,  $p < 0.001$ ; \*\*,  $p < 0.01$ ; \*,  $p < 0.05$ .



7 Curcumin, dessen Stabilität und Bioverfügbarkeit für therapeutische Zwecke ungeeignet ist, konnte durch synthetische Modifikation ohne Aktivitätsverlust in ein Monoenon-Derivat überführt werden.

## Curcumin aus Curry als vielfältig-gesundheitsfördernde Substanz – warum nicht ‚Curcumin-light‘?

Die Verbindung Curcumin aus der Pflanze *Curcuma longa* ist der Hauptbestandteil des gelben Currypulvers. Wie zuvor kurz angesprochen, ist Curcumin eine entzündungshemmende Substanz, da sie es vermag, Nrf2 zu aktivieren und NF-κB zu inhibieren. Weil es sich bei Curcumin um ein Molekül handelt, welches zwei konjugierte Enon-Einheiten besitzt, war es unser Bestreben, den Einfluss chemischer Modifikationen auf die biologische Aktivität zu testen. Aus diesem Grund haben wir eine Reihe synthetischer Analoga hergestellt. Bei der Untersuchung neuroprotektiver Eigenschaften zeigte sich, dass die formale Entfernung der zweiten Enon-Einheit ungünstige Eigenschaften des Curcumins eliminieren konnte, ohne die neuroprotektive Aktivität zu verlieren. Diese Substanz, welche im Gegensatz zu Curcumin hohe Plasmastabilität und Bioverfügbarkeit aufweist, kann man als Monoenon-Derivat oder ‚Curcumin-light‘ bezeichnen [7].

Bei diesen Experimenten zeigte sich ebenfalls, dass das Gerüst an sich, d. h.

in diesem Fall die Substituenten am aromatischen Ring, entscheidend für die Aktivität sind. Auch hier ist die Enon-Einheit für sich genommen nicht ausreichend, um die besten Aktivitäten zu erzielen.

Die zentrale Bedeutung des Wechselspiels – und damit der Verknüpfung – von kovalent und nicht-kovalent bindenden Einheiten ließ sich demonstrieren. Die Feineinstellung und Methoden zur ihrer Charakterisierung sind entscheidend, um definierte Reaktiveinheiten zu erhalten. Diese können dann gezielt in Molekülarchitekturen eingebaut werden, um in Kombination mit dem nicht-kovalent-wechselwirkenden Gerüst ihre Wirkung zu entfalten. Auf diese Weise kann das alte Paradigma, dass Kovalent-Inhibitoren für die Wirkstoffentwicklung ungeeignet sind, hoffentlich bald ausgemustert werden.

### Literatur

Robert Mah, Jason R. Thomas, Cynthia M. Shafer, Drug discovery considerations in the development of covalent inhibitors. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters* 24 (2014), S. 33–39.

Sabine Amslinger, The Tunable Functionality of  $\alpha,\beta$ -Unsaturated Carbonyl Compounds Enables Their Differential Application in Biological Systems. *ChemMedChem* 5 (2010), S. 351–356.

Sabine Amslinger, Nafisah Al-Rifai, Katrin Winter, Kilian Wörmann, Rebekka Scholz, Paul Baumeister, Martin Wild, Reactivity assessment of chalcones by a kinetic thiol assay. *Organic and Biomolecular Chemistry* 11 (2013), S. 549–554. Nafisah Al-Rifai, Hannelore Rücker, Sabine Amslinger, Opening or Closing the Lock? When Reactivity Is the Key to Biological Activity. *Chemistry – A European Journal* 19 (2013), S. 15384–15395.

Hannelore Rücker, Nafisah Al-Rifai, Anne Rasclé, Eva Gottfried, Lidia Brodziak-Jarosch, Clarissa Gerhäuser, Tobias P. Dick, Sabine Amslinger, Enhancing the anti-inflammatory activity of chalcones by tuning the Michael acceptor site. *Organic and Biomolecular Chemistry* 13 (2015), S. 3040–3047.

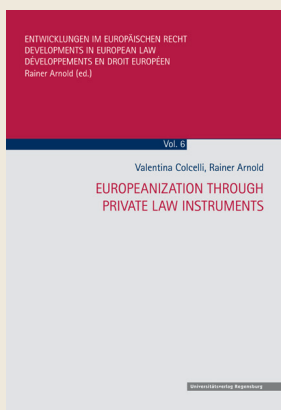
Petr Jirásek, Sabine Amslinger, Jörg Heilmann, Synthesis of Natural and Non-natural Curcuminoids and Their Neuroprotective Activity against Glutamate-Induced Oxidative Stress in HT-22 Cells. *Journal of Natural Products* 77 (2014), S. 2206–2217.



© Referat Kommunikation UR

**PD Dr. rer. nat. Sabine Amslinger**, geb. 1974 in Weißenburg i. Bay. Chemiestudium in Erlangen und Lawrence, Kansas, USA. 2003 Promotion an der Technischen Universität München, seit 2006 Gruppenleiterin am Institut für Organische Chemie der Universität Regensburg. 2014 Habilitation im Fach Organische Chemie; seitdem Privatdozentin an der Universität Regensburg. Im November 2014 wurden die Arbeiten zur Habilitation mit dem Regensburger Preis für Frauen in Wissenschaft und Kunst ausgezeichnet.

**Forschungsgebiete:** Entwicklung von Kovalent-Inhibitoren zur Bekämpfung von Entzündungen und Krebs mittels Feinjustierung der chemischen Reaktivität und biologischen Aktivität; Untersuchung antiapoptotischer und neuroprotektiver Substanzen im Kontext von Naturstoffen.



Valentina Colcelli, Rainer Arnold

## Europeanization through private law instruments

1. Auflage 2015,  
ca. 288 Seiten, 17 x 24 cm,  
Broschur, klebegebunden

ISBN 978-3-86845-126-9

ca. **39,95 € / ca. 45,90 sFr**

ET: Dezember 2015



Rainer Arnold (Hg.)

## Ubi Societas Ibi Ius

Zu Ehren der neuen Fakultät  
für Rechts- und Verwaltungs-  
wissenschaften der Universität  
Zielona Góra

1. Auflage 2015, 82 Seiten,  
17 x 24 cm, Broschur,  
klebegebunden

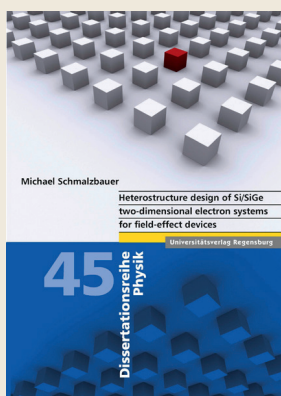
ISBN 978-3-86845-127-6

**19,95 € / 22,90 sFr**

Die Dissertationsreihen Physik und Chemie präsentieren die Veröffentlichungen der aktuellen und ehemaligen Doktoranden der Fakultät Physik und der Fakultät Chemie der Universität Regensburg. Diese Veröffentlichungsmethode verbindet open access und professionelle Verlagsarbeit auf innovative Weise.

## DISSERTATIONSREIHE PHYSIK

Herausgegeben von Prof. Richter, Prof. Schäfer, Prof. Weiß und Prof. Wegscheider,  
Präsidium des Alumnivereins der Fakultät Physik der Universität Regensburg



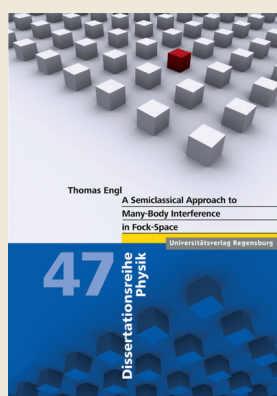
Michael Schmalzbauer

## Heterostructure design of Si/ SiGe two-dimensional electron systems for field-effect devices

1. Auflage 2015, 160 Seiten,  
81 Farbabb., 9 s/w-Abb.,  
17 x 24 cm, Broschur,  
klebegebunden

ISBN 978-3-86845-123-8

**29,95 € / 38,90 sFr**



Thomas Engl

## A Semiclassical Approach to Many-Body Interference in Fock-Space

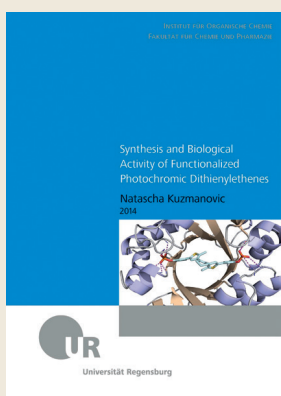
1. Auflage 2015, 302 Seiten,  
20 Farbabb., 15 s/w-Abb.,  
17 x 24 cm, Broschur,  
klebegebunden

ISBN 978-3-86845-128-3

**44,95 € / 51,70 sFr**

## DISSERTATIONSREIHE CHEMIE

Herausgegeben vom Alumniverein Chemie der Universität Regensburg e.V.  
in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Burkhard König, Prof. Dr. Joachim Wegener,  
Prof. Dr. Arno Pfitzner und Prof. Dr. Werner Kunz.



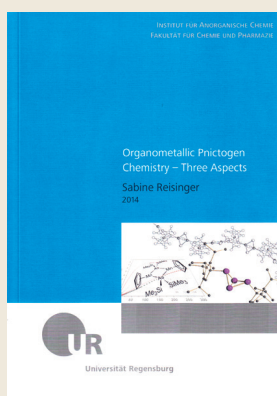
Natascha Kuzmanovic

## Synthesis and Biological Activity of Functionalized Photochromic Dithienyleth- enes

1. Auflage 2015, 140 Seiten,  
19 Farbabb., 116 s/w-Abb., 17 x  
24 cm, Broschur, klebegebunden

ISBN 978-3-86845-105-4

**24,90 € / 33,90 sFr**



Sabine Reisinger

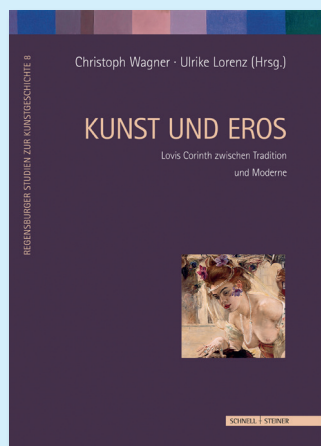
## Organometallic Pnictogen Chemistry

Three Aspects

1. Auflage 2015, 112 Seiten,  
14 Farbabb., 31 s/w-Abb., 17 x  
24 cm, Broschur, klebegebunden

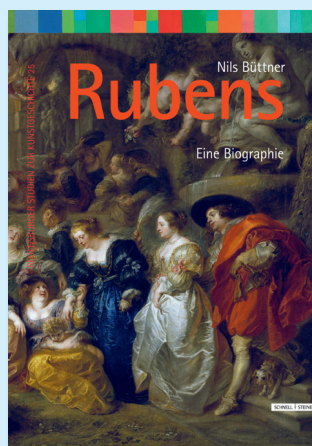
ISBN 978-3-86845-118-4

**24,90 € / 28,60 sFr**



1. Auflage 2015,  
144 Seiten,  
85 s/w-Abbildungen,  
17 x 24 cm,  
Hardcover, fadengeheftet

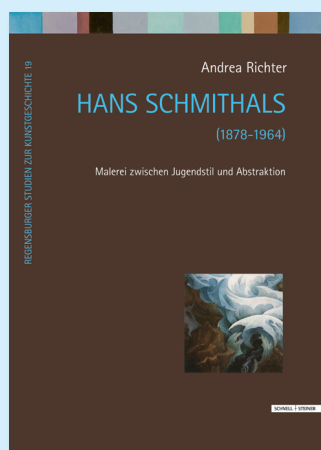
ISBN 978-3-7954-2108-3  
€ 29,95 [D] / SFr 34,40



1. Auflage 2015,  
256 Seiten,  
80 Farbabbildungen,  
17 x 24 cm,  
Hardcover, fadengeheftet

Erscheint im September  
2015

ISBN 978-3-7954-3044-3  
€ 59,00 [D] / SFr 67,90



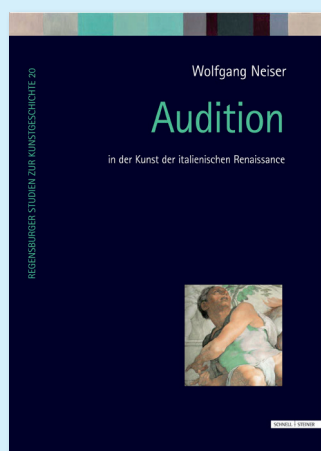
1. Auflage 2014, 352 Seiten,  
79 Farbabbildungen,  
105 s/w-Abbildungen,  
17 x 24 cm,  
Hardcover, fadengeheftet

ISBN 978-3-7954-2886-0  
€ 59,00 [D] / SFr 67,90



1. Auflage 2015,  
144 Seiten,  
97 s/w-Abbildungen,  
16 Farbtafeln,  
17 x 24 cm,  
Hardcover, fadengeheftet

ISBN 978-3-7954-2890-7  
€ 39,95 / SFr 45,90



1. Auflage 2015, 288 Seiten,  
21 Farbabbildungen,  
2 s/w-Abbildungen,  
17 x 24 cm,  
Hardcover, fadengeheftet

ISBN 978-3-7954-2887-7  
€ 59,00 [D] / SFr 67,90



1. Auflage 2015,  
368 Seiten,  
178 Farbabbildungen,  
232 s/w-Abbildungen,  
17 x 24 cm,  
Hardcover, fadengeheftet

ISBN 978-3-7954-3001-6  
€ 29,95 [D] / SFr 34,40



Diese und weitere Bücher aus der Reihe  
„Regensburger Studien zur Kunstgeschichte“ finden Sie hier:  
[http://www.schnell-und-steiner.de/reihe\\_507.ahtml](http://www.schnell-und-steiner.de/reihe_507.ahtml)

