



Wirtschaftswissenschaften

Wer hat Angst vor'm fremden Mann?

Ökonomische Probleme der Zuwanderung

Biosensoren

Die Masse macht's

Der Schwingquarz in der Bioanalytik

Biotechnologie

Grüne Fabriken für die Zukunft

Produktion medizinisch relevanter Bioprodukte
in Mikroalgen

Kristallstrukturen

Von den Phononen zu neuen Materialien

Schwingungen der Atome in Kristallen

Verfassungsgeschichte

Der Kongress tanzt – nicht hier

Der Reichsdeputationshauptschluss zu Regensburg
im Jahre 1803 als Wendepunkt der europäischen Geschichte

Philosophische Logik

Wie man seine Meinung ändert

Logik und Ökonomie
in der Revision von Theorien

Stammzelltherapie

Regeneration aus dem Reagenzglas

Hämatopoetische Stammzellen

Blickpunkt

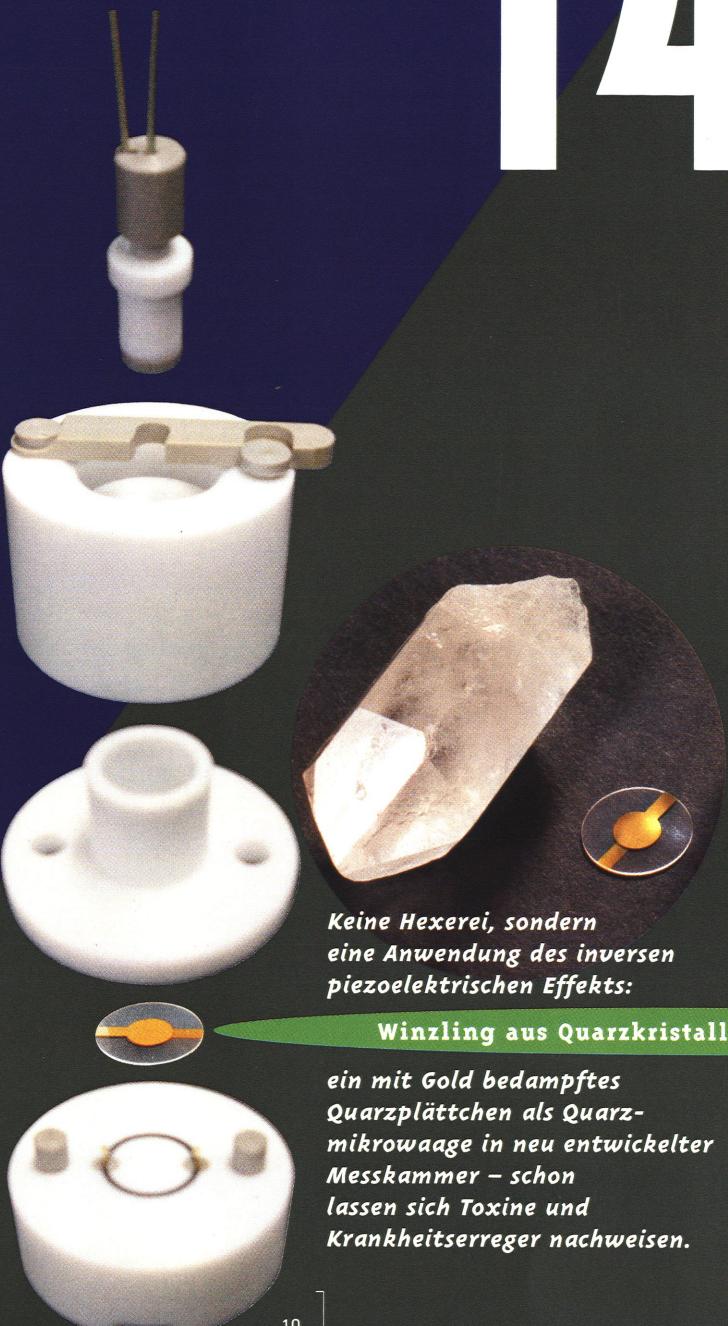
Bleiben Jugendsünden für immer?

Die Entfernung von Tätowierungen mit Laser

Englische Linguistik

Die Etikette der Gleichheit

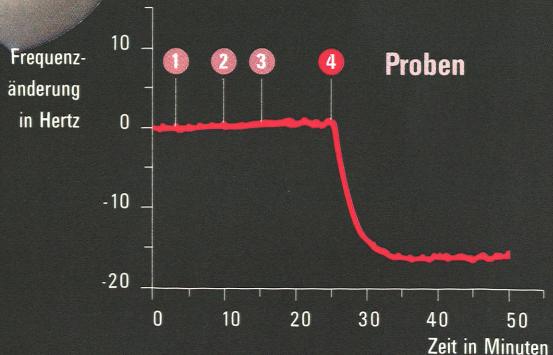
Political Correctness
im englischen Sprachgebrauch



Keine Hexerei, sondern
eine Anwendung des inversen
piezoelektrischen Effekts:

Winzling aus Quarzkristall

ein mit Gold bedampftes
Quarzplättchen als Quarz-
mikrowaage in neu entwickelter
Messkammer – schon
lassen sich Toxine und
Krankheitserreger nachweisen.



4393009212007

14

Wir haben da etwas Passendes. Die Antriebskonzepte von morgen.



Mehr zum Thema?
Wir halten Sie gerne
auf dem Laufenden:

BMW AG,
Abt. Information
Postfach 50 02 44
80972 München.
www.bmwgroup.com

Eine Welt ohne Automobil ist für uns unvorstellbar. Mit emissionsarmen Fahrzeugen die Auflagen des Gesetzgebers zu unterschreiten, reicht langfristig allerdings nicht. Um unsere mobile Zukunft zu gestalten, müssen wir deshalb auch andere Energieträger erforschen und neue, passende Antriebskonzepte entwickeln: Der Wasserstoffantrieb arbeitet emissionsfrei und ist für uns keine Vision mehr. Die technischen Fragen haben wir gelöst. Jetzt fehlt nur noch der politische Konsens und die Infrastruktur für die Herstellung und Verteilung der neuen Kraftstoffe. Gemeinsam können wir es schaffen.



BMW Group

Blick in die Wissenschaft
Forschungsmagazin der
Universität RegensburgISSN 0942-928-X
Heft 14/11. Jahrgang**Herausgeber**
Prof. Dr. phil. Alf C. Zimmer
Rektor der Universität Regensburg**Redakitionsbeirat**
Prof. Dr. rer. nat. Helmut Altner
Dr. rer. nat. Susanne Alban
Prof. Dr. rer. nat. Henri Brunner
Prof. Dr. med. Michael Landthaler
Prof. Dr. rer. nat. Christoph Meinel
Prof. Dr. rer. nat. Karl F. Renk
Prof. Dr. phil. Hans Rott
Prof. Dr. jur. Dieter Schwab
Prof. Dr. phil. Jörg TraegerUniversität Regensburg
93040 Regensburg
Telefon (0941) 943-23 00
Telefax (0941) 943-33 10
E-Mail Pressestelle:
rudolf.dietze@verwaltung.uni-regensburg.de**Verlag**
Universitätsverlag Regensburg GmbH
93066 RegensburgTelefon (0941) 207-433
Telefax (0941) 207-199
E-Mail: kfaerber@mz.donau.de
www.uni-verlag-rgb.de

Geschäftsführung:

Peter Esser
Verlagsleitung:
Dr. Konrad M. Färber
(verantw. für Inhalt und Anzeigen)
Lektorat:
Dr. Gerd Burger, Regina Lohde**Vertrieb und
Abonnementverwaltung**Zeitungs-Zustellung KG
93066 Regensburg
Telefon (0941) 207-234
Telefax (0941) 207-430
E-Mail: jgfesser@mz.donau.de**Anzeigenverwaltung**Verlag für Marketing und
Kommunikation GmbH
Faberstraße 17
67590 Monsheim
Telefon (06243) 909-216
Telefax (06243) 909-400
E-Mail: guenter.eichelsbach
@VMK-Verlag.de
www.vmk-verlag.de**Herstellung**ERHARDI DRUCK/DONAU DRUCK
GmbH, Regensburg**Druckvorstufe**
Layoutsatz 2000, München**Gestaltung**
Irmgard Voigt, München
E-Mail: irm.voigt@t-online.de

Papier MD Bavaria matt

Auflage 5 000

Erscheint jährlich Mitte November.

Einzelpreis € 6,50**Jahresabonnement**
€ 5,00/ermäßigt € 3,50
für Schüler, Studenten und
Akademiker im Vorbereitungsdienst
(inkl. 7% MwSt) zzgl. Versand;
Bestellungen beim VerlagFür 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.Autorenportraits
Uwe Moosburger, Regensburg**Titelbilder**Prof. Dr. Claudia Steinem,
Institut für
Analytische Chemie,
Chemo- und Biosensorik,
Universität Regensburg;
Dr. Fredrick Höhn,
Westfälische Wilhelms-
Universität Münster.*Wie Quarze als Waage für Massen im Nano- und Mikrogrammbereich funktionieren können, ist seit 1959 bekannt – doch erst seit knapp 20 Jahren lässt sich dieses Messverfahren auch in wässrigen Medien zum Einsatz bringen, wodurch es für die Bioanalytik, die klinische Diagnostik, die Lebensmittelkontrolle und die Umweltanalyse nutzbar wird: Biomoleküle wie Nukleinsäuren und Proteine können mit Hilfe so genannter Quarzmikrowaagen gezielt »gewogen« und zweifelsfrei identifiziert werden. Mittlerweile lassen sich auf diesem Wege schnell und einfach Toxine von Cholera, Tetanus, Keuchhusten und andere Krankheitserreger nachweisen. Im Anwendungsbereich der Bioanalytik ist das enorme Potenzial dieser Technik noch längst nicht vollständig erschlossen.***Editorial****Alf C.
Zimmer**

Im SPIEGEL vom 5. August dieses Jahres rechnete Hubert Markl pointiert und brillant mit der »Legende von den zwei Kulturen« ab, wie sie C. P. Snow aufgrund der von ihm in Oxford gemachten Erfahrungen vor bald 50 Jahren postuliert hatte – eine These, die seitdem umhinterfragt als bündige Erklärung für Verständigungsprobleme zwischen Wissenschaftlern akzeptiert wird. Was C. P. Snow in die griffige Formel der zwei Kulturen presste, war seine Beobachtung mangelnder Diskursfähigkeit zwischen Naturwissenschaftlern einerseits und Geisteswissenschaftlern andererseits in den ja eigentlich auf Diskurs ausgerichteten Oxford College. Den persönlichen Anstoß für die Arbeit am Buch »The Two Cultures and the Scientific Revolution« mag Snow das Gefühl gegeben haben, dass sein Fachwissen als Naturwissenschaftler von geisteswissenschaftlichen Kollegen einfach nicht als Bildungsgut ernst genommen wurde.

Wenn die Existenz zweier distinkter Wissenschaftskulturen heute ins Reich der Legende verwiesen werden kann, dann liegt das nicht etwa daran, dass der Beginn des 21. Jahrhunderts durch eine homogene Wissenschaftskultur geprägt wäre, im Gegenteil liegt es – und das ist eine viel größere Gefahr als damals – an der Explosion der Zahl distinkter Fachkulturen, wie sie die große Zahl immer stärker spezialisierter wissenschaftlicher Journale erkennen lässt. Eine Konsequenz dieses Zusammenbruchs argumentativer Diskurskultur ist die immer häufiger zu beobachtende Methode der Beurteilung wissenschaftlichen Ansehens durch simple Formeln, in die Publikationsanzahl, Impactfaktor der Journale und Lebensalter eingehen. Damit wird auf eine argumentative Bewertung grundsätzlich verzichtet zugunsten einer zwar objektiven, gegenüber wissenschaftlicher Qualität aber blinden Quantifizierung: Zahlen ohne echten Aussagewert, weil anscheinend die gemeinsamen Dimensionen für die Qualitätsbewertung wissenschaftlicher Arbeit nicht mehr existieren.

Die vorliegende Ausgabe von BLICK IN DIE WISSENSCHAFT zeigt meines Erachtens nachdrücklich, dass Heterogenität keineswegs den Verzicht auf eine argumentative Diskurskultur impliziert. Darum ist es eben auch nicht notwendig, an dieser Stelle artifizielle Brückenschläge zwischen den verschiedenen Artikeln herzustellen, gerade die Vielfalt lädt direkt zum Einstieg in den Diskurs ein.

Warum dieser Diskurs so notwendig ist, ergibt sich aus der Tatsache, dass die Probleme der Welt, denen sich die Wissenschaft stellen muss, in den meisten Fällen quer zu bestehenden Fachsystematiken und -kulturen stehen. Für die Universitäten ergibt sich daraus als konkrete Konsequenz, dass neben die klassische hierarchische Fakultäten- und Fächerstruktur eine Matrixorganisation treten muss, die sich an Problemen und nicht an Systematik orientiert.

Das notwendige Nebeneinander von an Grundlagen orientierter Systematik und an Problemen orientierter Interdisziplinarität ist aber nur möglich, wenn in der Wissenschaft eine gemeinsame argumentative Diskurskultur gepflegt wird; die folgenden Seiten geben genügend Anlass, mögen die Leserinnen und Leser innerhalb und außerhalb der Universität Gelegenheit und Anstoß zu solchem Gedankenaustausch finden.

Prof. Dr. Alf C. Zimmer
Rektor
der Universität Regensburg
Herausgeber

Blick in die Wissenschaft

Forschungsmagazin der Universität Regensburg
11. Jahrgang

14

2002



Universität Regensburg
www.uni-regensburg.de

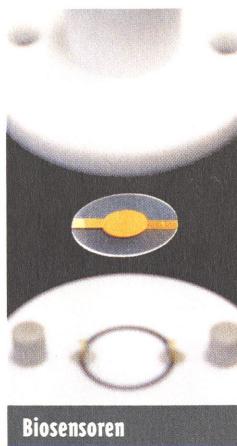


Wirtschaftswissenschaften

Wer hat Angst vor'm fremden Mann?
Ökonomische Probleme der Zuwanderung

Seite 4

Wenig verwunderlich, dass dieses Thema angesichts von gut vier Millionen Arbeitslosen stets aufs Neue hitzig an den Stammtischen der Nation diskutiert wird. Der Ökonom dagegen erörtert nüchtern produktivitätsgeleitete und umverteilungsbedingte Wanderbewegungen samt deren Folgen, um zu differenzierten Schlussfolgerungen zu kommen.



Biosensoren

Die Masse macht's
Der Schwingquarz in der Bioanalytik

Seite 12

Nicht nur in unserer Armbanduhr machen sich Quarze nützlich – auch ein Tetanusinfekt lässt sich damit nachweisen.



Biotechnologie

Grüne Fabriken für die Zukunft
Produktion medizinisch relevanter Bioprodukte in Mikroalgen

Seite 18

Die moderne Medizin setzt zunehmend auf rekombinante, d. h. in Fremdorganismen produzierte Proteine – auch aus Algen.



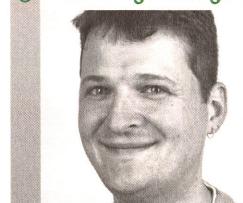
Von den Phononen zu neuen Materialien
Schwingungen der Atome in Kristallen

Seite 24

Kristalle, im Auge des Diamantringkäufers das Sinnbild für Stabilität und ewige Schönheit, sind im Lichte der theoretischen Festkörperphysik rechte Zappelkerle. Sie schwingen in Kristallgittern – die Gitterschwingungen erlauben die Entwicklung neuer, maßgeschneiderter Materialien.



Alke Eichler-Stahlberg
Wiss. Mitarbeiterin Biochemie
alke.eichler-stahlberg@vkl.uni-regensburg.de



Markus Fuhrmann
Wiss. Assistent Biochemie
markus.fuhrmann@vkl.uni-regensburg.de



Claudia Steinem
Professorin für Analytische Chemie, Chemo- und Biosensorik
wolfgang.wiegard@wiwi.uni-regensburg.de

Peter Hegemann

Professor für Biochemie

peter.hegemann@biologie.uni-regensburg.de

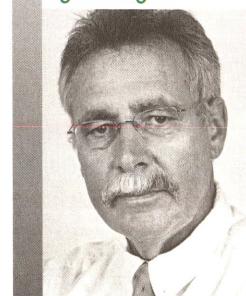


Pasquale Pavone
Privatdozent
Theoretische Physik

pasquale.pavone@physik.uni-regensburg.de



Wolfgang Wiegard
Professor für Volkswirtschaftslehre
wolfgang.wiegard@wiwi.uni-regensburg.de



E-Mail:

Rektorat
der Universität Regensburg
rektor@uni-regensburg.de

Pressereferent
Dr. Rudolf F. Dietze
rudolf.dietze@verwaltung.uni-regensburg.de



Verfassungsgeschichte

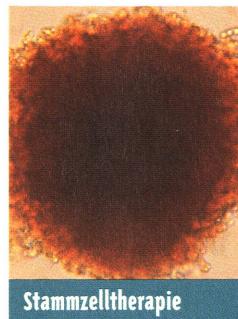
Der Kongress tanzt – nicht hier
Der Reichsdeputations-hauptschluss zu Regensburg im Jahre 1803 als Wendepunkt der europäischen Geschichte

Seite 30

Zwei Vertragswerke der Napoleonzeit besiegelten das Ende der Machtbalance in Europa und läuteten den Untergang des Heiligen Römischen Reiches ein: der Friede von Lunéville und der hier beleuchtete Beschluss des Immerwährenden Reichstages zu Regensburg.



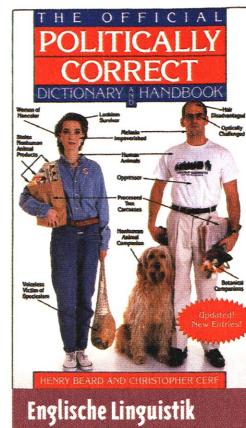
Philosophische Logik



Stammzelltherapie



Blickpunkt



Englische Linguistik

Hans-Jürgen Becker
Professor für
Bürgerliches Recht,
Europäische Rechtsgeschichte
und Kirchenrecht

hans-juergen.becker@politik.uni-regensburg.de



Wie man seine Meinung ändert

Logik und Ökonomie in der Revision von Theorien

Seite 40

Was passiert, wenn neue Erfahrungen und Informationen im Widerspruch zu unseren Erwartungen und Überzeugungen stehen? Der Blick des Philosophen zeigt, dass bei der Meinungsänderung eine rationale Auswahl zu treffen ist, wobei das Streben nach Plausibilität und logischer Kohärenz wichtige, jedoch beileibe nicht die einzigen Überlegungen sind.

Regeneration aus dem Reagenzglas
Hämatopoietische Stammzellen

Seite 46

Leukämie ist heute heilbar: Zellen aus fremdem Knochenmark übernehmen die Blutbildung. Möglicherweise lassen sich diese Stammzellen auch in der Unfallchirurgie einsetzen.

Burkhard Hennemann
Privatdozent
Hämatologie und
Internistische Onkologie
burkhard.hennemann@med.uni-regensburg.de



Hans Rott
Professor für
Philosophie

hans.rott@psk.uni-regensburg.de



Ernst Holler
apl. Professor für
Hämatologie und
Internistische Onkologie
ernst.holler@med.uni-regensburg.de

Foto: Jakob Rott

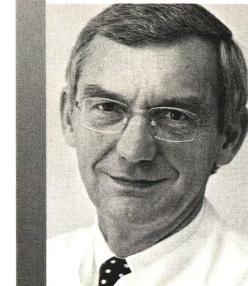


Bleiben Jugendsünden für immer?
Die Entfernung von Tätowierungen mit Laser

Seite 52

Seit Tausenden von Jahren kennen und lieben viele Kulturen Mode, die unter die Haut geht: Schmucknarben, Tätowierungen, Piercings. Seit kurzem sind Tätowierungen auch hierzulande wieder hochaktuell – das beschert den Hautärzten neue Aufgaben und bereitet infolge moderner Farbenvielfalt manche Probleme.

Michael Landthaler
Professor für
Dermatologie und Venerologie
michael.landthaler@med.uni-regensburg.de



Die Etikette der Gleichheit
Political Correctness im englischen Sprachgebrauch

Seite 56

Begriffsneubildungen und Umformulierungen sollen der sprachlichen Diskriminierung von Minderheiten entgegenwirken. Ihr Erfolg ist allerdings umstritten: So genannte >politisch korrekte< Formulierungen werden sogar vielfach mit hämischer Polemik abgeschmettert.

Roswitha Fischer
Professorin für
Englische Philologie
roswitha.fischer@sprachlit.uni-regensburg.de



Wer hat Angst vor'm fremden Mann?

Ökonomische Probleme der Zuwanderung

Wirtschaftswissenschaften

In Deutschland gibt es rund vier Millionen Arbeitslose. Warum brauchen wir dann eine Zuwanderung ausländischer Arbeitskräfte? Die Antwort: Kurzfristig lassen sich durch eine begrenzte und gesteuerte Zuwanderung Engpässe auf bestimmten Segmenten des Arbeitsmarkts überwinden. Wandern vor allem qualifizierte Arbeitskräfte zu, hat das insgesamt positive Auswirkungen. Aus ökonomischer Sicht stellt das im März 2002 verabschiedete Zuwanderungsgesetz ein im Großen und Ganzen sinnvolles Regelwerk dar.

Indes bleibt das Zuwanderungsgesetz, ausführlich: das »Gesetz zur Steuerung und Begrenzung der Zuwanderung und zur Regelung des Aufenthalts und der Integration von Unionsbürgern und Ausländern«, auch nach Inkraftsetzung durch den Bundespräsidenten umstritten. Demnächst wird das Bundesverfassungsgericht darüber entscheiden, ob die Art und Weise, wie das Gesetz im März vom Bundesrat verabschiedet wurde, verfassungsgemäß war. Bei der Zuwanderungsdebatte sind zwei Sachverhalte zu unterscheiden. Einmal geht es um die Zuwanderung aus den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (EU). Diese ist im »Freizügigkeitsgesetz/EU« als Artikel 2 des Zuwanderungsgesetzes geregelt. Das »Aufenthaltsgesetz« in Artikel 1 hingegen betrifft die Zuwanderung aus Drittländern. Die Zuwanderungsproblematik ist vielschichtig; dieser Beitrag beschäftigt sich nur mit den ökonomischen Problemen der Zuwanderung. Worum geht es im Aufenthaltsgesetz und im Freizügigkeitsgesetz? Worin bestehen die Gemeinsamkeiten, worin die Unterschiede? Was sind die ökonomischen Auswirkungen der Zuwanderung auf den Arbeitsmarkt in Deutschland? Warum braucht Deutschland bei einer offiziellen Arbeitslosenzahl von vier Millionen Personen überhaupt eine Zuwanderung von Arbeitskräften?

Zuwanderung aus Drittländern: Zur Debatte um das Aufenthaltsgesetz

Wenn über das Zuwanderungsgesetz debattiert wird, sind eigentlich immer die Bestimmungen des »Aufenthaltsgesetzes« gemeint. Nur über diese wird in der politischen Auseinandersetzung gestritten. Geregelt wird in diesem Teil des Gesetzes die Zuwanderung aus Staaten, die nicht Mitgliedsländer der Europäischen Union sind (»Drittländer«). Die wesentlichen Eckpunkte des Aufenthaltsgesetzes sind auf Seite 7 zusammengefasst.

Die CDU/CSU-Opposition hat im Bundestag mit wenigen Ausnahmen gegen das Zuwanderungsgesetz gestimmt und eine Reihe von Bedenken vorgebracht. Neben der Bemängelung vieler Detailregelungen wurde grundsätzlich kritisiert, dass beim Zuzug von Ausländern die Grenzen der Belastbarkeit schon jetzt überschritten seien, das Gesetz die Zuwanderung noch ausweite und angesichts einer Arbeitslosenzahl von rund vier Millionen Personen zur falschen Zeit komme. Bei der Verabschiedung des Gesetzes im Bundesrat kam es dann bekanntlich zum Eklat. Der Bundespräsident hat das Gesetz zwar im Juni 2002 unterschrieben, hat die Politiker – allen voran den damaligen Ministerpräsidenten des Landes Brandenburg und seinen Stellvertreter – aber in ungewöhnlich scharfer Form gerügt und eine Überprüfung des Zustandekommens des Gesetzes durch das Bundesverfassungsgericht angeregt. Sechs unionsgeführte Bundesländer haben daraufhin ein Normenkontrollverfahren in Gang gesetzt. Die Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts steht noch aus.

Freizügigkeitsgesetz und Zuwanderung nach der EU-Osterweiterung

Die emotionsgeladene Auseinandersetzung über das Zuwanderungsgesetz, speziell das Aufenthaltsgesetz, hat eine andere Debatte in den Hintergrund gedrängt, die noch vor einem Jahr die Gemüter

Rau unterzeichnet Zuwanderungsgesetz Aber Karlsruhe hat das letzte Wort

Scharfe Kritik des Bundespräsidenten am Parteienstreit im Bundesrat – Schily: Nun ist der Weg frei



erhitzte. Auch damals ging es um Probleme der Zuwanderung – und zwar im Zusammenhang mit der Gewährung der Freizügigkeit der Arbeitnehmer nach der EU-Osterweiterung. Aller Voraussicht nach soll die Europäische Union jetzt schon im Jahr 2004 um zehn neue Mitgliedsstaaten erweitert werden. Neben Malta und Zypern sind dies die acht mittel- und osteuropäischen Länder Slowenien, Tschechien, Ungarn, Slowakei, Polen, Estland, Litauen und Lettland. Außerdem gibt es Beitrittsverhandlungen mit Bulgarien und Rumänien; ferner hat auch die Türkei seit Dezember 1999 den Status eines Beitrittskandidaten. Nach der im Jahr 2004 anstehenden Erweiterung wird sich die gesamte Einwohnerzahl der EU von gegenwärtig 375 auf fast 450 Millionen erhöhen. Nach Aufnahme von Bulgarien, Rumänien und der Türkei

würde die Einwohnerzahl der EU noch einmal um 100 Millionen zunehmen.

Die Beitrittsverhandlungen waren langwierig und schwierig. Besonders umstritten zwischen den jetzigen Mitgliedsstaaten und den Beitrittskandidaten waren die Übertragung der Regelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik auf die neuen Mitgliedsländer nach 2004 sowie die Gewährung der Freizügigkeit für Arbeitnehmer und der Niederlassungsfreiheit für Selbstständige und Unternehmer. Freizügigkeit besagt dabei u. a., dass jeder Arbeitnehmer aus einem Mitgliedsstaat der Europäischen Union in jedem anderen Mitgliedsland eine Beschäftigung aufnehmen kann: ohne Diskriminierung wegen seiner Staatszugehörigkeit und ohne Nachteile hinsichtlich anderer Kriterien wie Entlohnung oder sonstiger Arbeitsbedingungen.

Auf seiner Dezember-Tagung in Kopenhagen will der Europäische Rat die Verhandlungen mit zehn Kandidatenländern abschließen. Diese werden dann zu Beginn des Jahres 2004 der EU beitreten.

- aktuelle Mitgliedsstaaten der EU
- neue Mitgliedsstaaten ab 2004
- mit den Beitrittskandidaten Bulgarien und Rumänien werden noch Verhandlungen geführt
- mit der Türkei wird noch nicht verhandelt

Die unbeschränkte Freizügigkeit ist also an ein Beschäftigungsverhältnis geknüpft; sie gilt keineswegs für alle Bürger der EU. Nicht-Arbeitnehmer bekommen in einem anderen EU-Mitgliedsstaat nur dann eine Aufenthaltsgenehmigung, wenn sie über eine Krankenversicherung und über ausreichende Existenzmittel verfügen. Die Details der Regelungen zur Freizügigkeit von Unionsbürgern sind im Freizügigkeitsgesetz/EU des Artikels 2 des Zuwanderungsgesetzes enthalten. Dieser Teil des Zuwanderungsgesetzes ist nicht umstritten; mit ihm wird lediglich europäisches in nationales Recht umgesetzt.

Unabhängig davon besteht allerdings durchaus die Sorge, dass es bei unbeschränkter Freizügigkeit nach der EU-Erweiterung zu erheblichen Wanderungsbewegungen von den neuen in die alten EU-Mitgliedsländer und hier in erster Linie nach Deutschland und Österreich kommt. Über die genaue Höhe dieser Zuwanderung wird in der Fachliteratur heftig gestritten. Das Hamburgische Welt-Wirtschafts-Archiv geht in einer aktuellen Schätzung des Ost-West-Migrations-Potenzials davon aus, dass binnen 10 bis 20 Jahren nach der anstehenden EU-Erweiterungsrunde zwischen zwei und drei Millionen Menschen in die jetzigen EU-Staaten wandern. Unter Berücksichtigung der Rückwanderung dürfte davon etwa die Hälfte in den Zuwanderungsländern bleiben.

Befürchtet wird vor allem, dass die Zuwanderung bei sofortiger Gewährung der Freizügigkeit nach der EU-Erweiterung zu unerwünschten Arbeitsmarkteffekten führt. Um dies zu vermeiden, wurde – vor allem auf Druck Deutschlands – die folgende Regelung vereinbart: Die Arbeitnehmerfreizügigkeit wird nach einem Beitritt der mittel- und osteuropäischen Länder zunächst für eine Frist von zwei Jahren ausgesetzt. Diese Frist kann auf Antrag eines Mitgliedslandes um drei Jahre und dann noch einmal um zwei Jahre verlängert werden. Insgesamt kann die Arbeitnehmerfreizügigkeit also für bis zu sieben Jahre ausgesetzt werden.

schaften wird argumentiert, dass es entweder zu einer Lohnunterbietung oder zu einer Verdrängung einheimischer Arbeitskräfte kommen und die Arbeitslosigkeit dadurch noch weiter zunehmen werde. Warum, so wird gefragt, braucht Deutschland angesichts einer Arbeitslosenzahl von vier Millionen überhaupt eine Zuwanderung ausländischer Arbeitskräfte? Ganz ähnlich besteht die Sorge, dass die Zuwanderung von Selbstständigen einheimische Unternehmen verdrängt.

Mit der Zuwanderung sind allerdings auch Hoffnungen verknüpft. Zum einen schrumpft die deutsche Bevölkerung. Gegenwärtig liegt die Reproduktionsrate bei 1,3 Kindern pro Frau im gebärfähigen Alter. Sollte sich daran nichts Wesentliches ändern, wird die deutsche Bevölkerung ohne Zuwanderung von gegenwärtig 82 Millionen auf weniger als 70 Millionen im Jahre 2050 und weniger als 50 Millionen im Jahr 2085 schrumpfen, was entsprechende Auswirkungen etwa auf die Rentenversicherung, das Gesundheitssystem, den Arbeitsmarkt und andere Bereiche nach sich zieht. Zuwanderung wird hier vielfach als Ausgleich für den dramatischen Geburtenrückgang in Deutschland gesehen. Zum anderen besteht trotz der hohen Arbeitslosenzahlen ein erheblicher Bedarf an Fachkräften. Dies ist einfach zu erklären. Die Arbeitslosen sind zum überwiegenden Teil schlecht qualifiziert; sie verfügen über keine abgeschlossene Berufsausbildung und sehr viele von ihnen nicht einmal über einen Schulabschluss. Gesucht werden hingegen hoch qualifizierte und spezialisierte Fachkräfte. In diesem Segment des Arbeitsmarktes ist die Arbeitslosigkeit sehr gering; die Zahl der offenen Stellen ist höher als die Zahl der Arbeitslosen. Zuwanderung von entsprechend qualifizierten Arbeitskräften kann die Bedarfslücke auch relativ kurzfristig schließen.

Neben diesen Gemeinsamkeiten gibt es aber wichtige Unterschiede zwischen der Zuwanderung aus EU-Mitgliedsstaaten und aus Drittländern.

HANDELSBLATT
24. April 2001

DIW-Direktor Zimmermann: Die meisten Zuwanderer aus den EU-Beitrittsstaaten im Osten werden nicht lange bleiben

Europa droht keine Völkerwanderung

Zuwanderung aus der EU und aus Drittländern: Gemeinsamkeiten und Unterschiede

Zwischen der Zuwanderung von Arbeitskräften aus anderen EU-Mitgliedsstaaten einerseits und aus Drittstaaten andererseits gibt es einige Gemeinsamkeiten, jedoch auch ganz wesentliche Unterschiede. Gemeinsamkeiten sind sowohl im Hinblick auf die mit der Zuwanderung verbundenen Hoffnungen als auch die damit verbundenen Befürchtungen festzustellen.

Die Befürchtungen betreffen in erster Linie den Arbeitsmarkt und werden vordringlich von Gewerkschaftsvertretern, aber auch von einzelnen Wirtschaftsverbänden, insbesondere in den Grenzregionen, vorgebracht. Auf Seiten der Gewerk-

Ein erster Unterschied betrifft den jeweiligen nationalen Handlungsspielraum. Im Hinblick auf die Freizügigkeit der Arbeitnehmer und die Niederlassungsfreiheit der Selbstständigen innerhalb der EU ist der Handlungsspielraum der nationalen Regierungen gering. Er beschränkt sich im Wesentlichen auf die Beeinflussung der Europäischen Kommission dahingehend, bei Erweiterungsrunden der EU die volle Gewährung der Freizügigkeit zeitlich hinauszuzögern. Dies war der Fall nach der so genannten Süderweiterung der EU um Griechenland im Jahre 1981 und um Spanien und Portugal 1986. Damals wurden Übergangsfristen von jeweils sieben Jahren bis zum Inkrafttreten vollständiger Freizügigkeit vereinbart. Allerdings blieben die Wanderungsbewegungen aus diesen

Ländern weit hinter den Erwartungen bzw. Befürchtungen zurück, so dass die Beschränkung der Freizügigkeit verkürzt wurde. Nach Herstellung des Rechts auf Freizügigkeit kann eine Zuwanderung aus EU-Ländern politisch nicht mehr gesteuert werden. Bei Zuwanderungen aus Drittländern hingegen kann jede Regierung weitgehend autonom entscheiden, nach welchen Kriterien und in welchem Umfang Zuwanderung in das betreffende Land zugelassen (oder verhindert) wird. Über das Zuwanderungsgesetz entscheiden hier in Deutschland Bundestag und Bundesrat, über die Gewährung oder Verzögerung der Freizügigkeit bei einem EU-Beitritt wird auf europäischer Ebene, nicht aber in den nationalen Parlamenten, entschieden. Dies erklärt, warum speziell das Aufenthaltsge setz zwischen den im Bundestag vertretenen Parteien wesentlich umstrittener war als die Beschränkung der Freizügigkeit der Arbeitnehmer nach der EU-Osterweiterung.

Ein zweiter wichtiger Unterschied ist, dass so genannte Wanderarbeitnehmer aus EU-Mitgliedsstaaten aufgrund des in diesem Zusammenhang relevanten EU-Sekundärrechts – dies sind vor allem die Verordnungen (EWG) Nr. 1408/71 und Nr. 1612/68 – Anspruch auf die gleichen sozialen und steuerlichen Vergünstigungen wie inländische Arbeitnehmer haben. Für aus Drittländern zugewanderte Arbeitskräfte gilt dies nicht in dem selben Ausmaß. Dazu nur einige Beispiele: In Deutschland arbeitende Bürger anderer EU-Staaten haben selbst dann Anspruch auf das nach deutschem Recht festgesetzte Kindergeld oder Erziehungsgeld, wenn die Familie im Heimatland zurückgeblieben ist. Wandert also etwa ein Arbeitnehmer aus Rumänien nach Aufnahme dieses Landes in die EU nach Deutschland, bekommt er für seine in Rumänien verbliebenen Kinder bei Vorliegen der Anspruchsvoraussetzungen das deutsche Kindergeld (ggf. unter Anrechnung des – wesentlich geringeren – rumänischen Kindergelds) ausbezahlt. Bei vier anspruchsberechtigten Kindern würde dies nach den gegenwärtigen Sätzen 641 Euro pro Monat ausmachen. Das wäre mehr als die gegenwärtigen durchschnittlichen Löhne in Rumänien. Zuwanderer aus Drittländern haben hingegen nur dann Anspruch auf Kindergeld, wenn ihre Kinder sich auch in Deutschland aufhalten. Bleiben die Kinder hingegen im Heimatland, besteht kein Anspruch auf das deutsche Kindergeld. Ganz ähnlich liegt der Fall bei der Gesetzlichen Krankenversicherung: Die im EU-Ausland verbliebene Familie eines in Deutschland tätigen Arbeitnehmers ist in der deutschen gesetzlichen Krankenversicherung mitversichert; dies gilt jedoch nicht für im Heimatland verbliebene Familienangehörige aus Drittstaaten. Schließlich ist der Nachzug von Familienangehörigen für Zuwanderer aus Drittstaaten erheblich restriktiver geregelt als für Zuwanderer aus anderen EU-Ländern.

Letztlich bedeutet all dies jedoch, dass eine mögliche Zuwanderung aus anderen Mitgliedsstaaten der EU sehr viel weiter reichende Auswirkungen auf den deutschen Arbeitsmarkt und die deutschen Sozialsysteme haben kann als die Zuwanderung aus Drittstaaten.

Eckpunkte des Aufenthalts gesetzes

- Einem Ausländer kann eine befristete und verlängerbare Aufenthaltserlaubnis zur Ausübung einer Beschäftigung erteilt werden, wenn die Bundesanstalt für Arbeit zugestimmt hat. Diese kann nur dann zustimmen, wenn sich durch die Beschäftigung von Ausländern keine nachteiligen Wirkungen auf den Arbeitsmarkt ergeben und wenn kein deutscher Arbeitnehmer oder kein Unionsbürger für die zu besetzende Stelle zur Verfügung steht.
- Für hoch qualifizierte Arbeitskräfte ist eine Niederlassungserlaubnis, d. h. die Gewährung eines Dauer aufenthalts, vorgesehen. Dazu ist ebenfalls die Zustimmung der Bundesanstalt für Arbeit erforderlich.
- Mit dem *Auswahlverfahren* kann Zuwanderern auch ohne Zusage eines festen Arbeitsplatzes eine Niederlassungserlaubnis erteilt werden. Dazu soll ein begrenztes Zuwanderungskontingent vom Bundesamt für Migration und Flüchtlinge unter Beteiligung eines noch einzurichtenden »Zuwanderungsrates« festgelegt werden. Die Steuerung der Zuwanderung soll dabei über ein Punktesystem erfolgen, bei dem u. a. Berufsausbildung, Sprachkenntnisse und Alter bewertet werden. Das Auswahlverfahren erfolgt im wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Interesse Deutschlands und dient der Zuwanderung qualifizierter Erwerbspersonen.
- Ausländischen Studierenden kann nach erfolgreichem Abschluss ihres Studiums die Aufenthaltserlaubnis um bis zu einem Jahr zur Arbeitsplatzsuche verlängert werden.
- Der Zuzug von *Selbstständigen* soll möglich sein, wenn davon positive Auswirkungen auf Wirtschaft und Beschäftigung zu erwarten sind. Diese werden in der Regel unterstellt, wenn eine Investition von mindestens 1 Million Euro getätigt wird und mindestens zehn Arbeitsplätze geschaffen werden. Die Aufenthaltserlaubnis wird zunächst auf bis zu drei Jahre befristet; bei erfolgreicher Tätigkeit kann dann eine (unbefristete) Niederlassungserlaubnis erteilt werden.
- Generell ist unter bestimmten Bedingungen die Erteilung einer Niederlassungserlaubnis möglich, wenn ein Ausländer für fünf Jahre eine Aufenthaltserlaubnis besäß. Zu den Bedingungen gehört insbesondere, dass sein Lebensunterhalt gesichert ist.
- Zuwanderer haben Anspruch auf und eine Verpflichtung zur Teilnahme an Integrationskursen und anderen staatlichen Integrationsangeboten.
- Kinder können grundsätzlich bis zum 12. Lebensjahr nachziehen. Unter bestimmten Bedingungen ist der Nachzug eines Kindes auch bis zum 18. Lebensjahr möglich.
- Flüchtlinge aus humanitären Gründen erhalten eine befristete Aufenthaltserlaubnis. Nach spätestens drei Jahren wird überprüft, ob sich die Situation im Herkunftsland geändert hat. Die Aufenthaltserlaubnis kann ggf. in eine Niederlassungserlaubnis umgewandelt werden.

Wirkungen einer produktivitätsgeleiteten Wanderung

Um zu verdeutlichen, welche Auswirkungen Zuwanderung auf die nationalen Arbeitsmärkte hat, werden zwei Länder betrachtet: Deutschland als potenzielles Zuwanderungsland und ein ausländischer Staat, beispielsweise ein mitteleuropäisches bzw. osteuropäisches Land oder aber ein anderes Drittland, aus dem Arbeitskräfte abwandern wollen. Gegenwärtig können wanderungswillige Arbeitskräfte aus Drittländern nur sehr begrenzt oder überhaupt nicht nach Deutschland kommen; die nationalen Arbeitsmärkte sind durch Zuwanderungsbeschränkungen voneinander abgeschottet. Wanderungsanreize bestehen deshalb, weil die den Arbeitnehmern zufließenden realen Bruttolöhne in Deutschland höher sind als im betrachteten Ausland. »Real« bedeutet dabei, dass aus den Nominallöhnen in beiden Ländern die jeweilige Preisentwicklung herausgerechnet wurde. Ein ausländischer wanderungsbereiter Arbeitnehmer vergleicht nämlich das (reale) Einkommen, das er im Zuwanderungsland erzielen kann, mit seinem aktuellen Einkommen im Heimatland. Übersteigt die Einkommensdifferenz die Migrationskosten, lohnt sich aus Sicht des Arbeitnehmers die Zu-

Das Aufenthalts gesetz soll die Steuerung und Begrenzung der Zuwanderung nach Deutschland regeln. Es unterscheidet verschiedene Verfahren zur Regelung der Zuwanderung aus Drittländern. Das Bundesverfassungsgericht hat nicht über den Inhalt des Gesetzes zu entscheiden, sondern darüber, ob die Verabschiedung im Bundestag rechtmäßig war.

wanderung nach Deutschland. Dabei sind Migrationskosten im weiten Sinne zu verstehen – sie schließen nicht nur die tatsächlichen Umzugskosten ein, sondern auch immaterielle Kosten, die mit dem Wechsel aus einer vertrauten in eine fremde Umgebung verbunden sind. Höhere reale Bruttolöhne sind in der Regel Ausdruck einer höheren Arbeitsproduktivität, d.h. einer höheren Produktion pro Erwerbstätigen. Die Arbeitsproduktivität ist in Deutschland u.a. deshalb höher, weil hier mit einer wesentlich besseren Ausstattung an privatem Kapital und an öffentlicher Infrastruktur produziert wird.

Jetzt sei angenommen, dass die Zuwanderungsbeschränkungen aufgehoben werden. Diejenigen ausländischen Arbeitnehmer, die in Deutschland höhere Reallöhne erzielen können als im Heimatland, werden zuwandern, wenn die Einkommensdifferenz größer ist als die Migrationskosten. Sofern die realen Bruttoeinkommen den Arbeitsproduktivitäten in den beiden Ländern entsprechen, ist eine auf die Überbrückung von Einkommensdifferenzen zielende Zuwanderung gleich bedeutend mit einer Angleichung der Arbeitsproduktivitäten. Zuwanderung von Arbeitskräften ist in diesem Falle produktivitätsgeleitet. Eine produktivitäts-

entweder über geringere Lohneinkommen oder über höhere Arbeitslosigkeit. Dieser Sachverhalt erklärt, warum gerade die Gewerkschaften längere Übergangsfristen fordern, bevor nach der EU-Erweiterung volle Freizügigkeit gewährt wird. Den Einkommensverlusten der Arbeitnehmer im Zuwanderungsland stehen allerdings Einkommensgewinne der Bezieher von Kapital- und Vermögenseinkommen gegenüber, etwa in Form höherer Mieteinnahmen oder gestiegener Kapitalrenditen. Dies liegt daran, dass durch Zuwanderung von Arbeitskräften der Produktionsfaktor Kapital relativ knapper wird. Wenn etwas (relativ) knapper wird, steigt der entsprechende Preis. Da das Sozialprodukt insgesamt steigt, sind die Einkommensgewinne der Kapital- und Vermögensbesitzer größer als die Einkommensverluste der Arbeitnehmer.

Um die Diskussion zu vereinfachen, wurde bislang vernachlässigt, dass Arbeitskräfte unterschiedlich qualifiziert sind und deshalb unterschiedliche Arbeitsproduktivitäten aufweisen. Diese Unterscheidung ist aber wichtig, weil vor allem Personen mit geringer Qualifikation von Arbeitslosigkeit betroffen sind. Höher qualifizierte Arbeitskräfte dagegen – also Facharbeiter, Ingenieure, Computer-Spezialisten usw. – werden von den Unternehmen gesucht. Die Auswirkungen der Zuwanderung auf die deutschen Arbeitsmärkte hängen demnach davon ab, über welche Qualifikation die zuwandernden Arbeitskräfte verfügen. Wandern in erster Linie Facharbeiter, Hochschulabsolventen oder andere höher qualifizierte Arbeitskräfte zu, wird das einerseits zu einem Druck auf das Lohnniveau einheimischer qualifizierter Arbeitnehmer führen. Es ist aber andererseits zu erwarten, dass sich gleichzeitig auch die Nachfrage nach gering qualifizierten Arbeitskräften erhöht, weil qualifizierte und weniger qualifizierte Arbeit komplementäre Produktionsfaktoren sind, so dass entweder die Einkommen im Niedriglohnbereich steigen oder die Arbeitslosigkeit in diesem Segment des Arbeitsmarkts zurückgeht. Eine Zuwanderung qualifizierter Arbeitskräfte hätte also überwiegend positive Effekte für die heimische Volkswirtschaft.

Etwas anders sieht die Sache aus, wenn vor allem gering qualifizierte Arbeitskräfte zuwandern. Dann tragen auch die inländischen Arbeitnehmer mit geringer Qualifikation – etwa in der Bauwirtschaft oder im Dienstleistungsbereich – die Kosten der Zuwanderung; entweder in Form geringerer Löhne oder höherer Arbeitslosigkeit. Höher qualifizierte inländische Arbeitskräfte werden hingegen von einer Zuwanderung im Niedriglohnbereich tendenziell profitieren, da ihr Arbeitsangebot relativ knapper wird.

Wirkungen einer umverteilungsbedingten Zuwanderung

In der Debatte über das Zuwanderungsgesetz wurde immer wieder die Befürchtung geäußert, dass durch Zuwanderung nicht nur die Arbeitsmärkte, sondern auch die Sozialsysteme in Deutschland belastet würden. In der Tat werden Wanderungsentscheidungen nicht nur von der Differenz der im Zu- und Abwanderungsland er-

FINANCIAL TIMES DEUTSCHLAND
17. Januar 2002

LEITARTIKEL

Her mit den Zuwanderern

Wer Grenzpendler ins Land lässt, will die Marktanarchie

HANDELSBLATT
20. August 2001

geleitete Migration erhöht nun die aggregierte Produktion von Zu- und Abwanderungsland: Die zusätzliche Produktion, die eine zugewanderte Arbeitskraft in Deutschland erwirtschaftet, ist wegen der hier höheren Arbeitsproduktivität nämlich größer als die entgangene Produktion im Herkunftsland. In Höhe dieser Produktions- oder Realeinkommensdifferenzen und nach Abzug der Migrationskosten kommt es zu einem wanderschaftsbedingten Nettovorteil. Anschaulich ausgedrückt, wird der Kuchen, der insgesamt zu verteilen ist, größer; und ein größerer Kuchen ist zunächst einmal besser als ein kleinerer.

Das ist aber nur ein Effekt von Zuwanderung. Trotz insgesamt höheren Volkseinkommens müssen nämlich nicht alle Bevölkerungsgruppen durch Migration gewinnen. Zuwanderung erhöht das Arbeitsangebot in Deutschland. Dies bewirkt entweder, dass die Löhne nachgeben und die Arbeitseinkommen pro Beschäftigten sinken; oder es führt dazu, dass inländische durch zugewanderte Arbeitskräfte ersetzt werden und die Arbeitslosenzahl in Deutschland steigt. So oder so: die inländischen Arbeitnehmer tragen die Last der Zuwanderung,

zielbaren Bruttolöhne beeinflusst. Sie hängen auch ab von der Höhe der Steuern und Sozialversicherungsbeiträge, die aus den Bruttolöhnen zu entrichten sind, sowie von den Leistungen der öffentlichen Hand und der Sozialversicherungen. Zu Letzteren gehört der Bezug von Wohngeld, Kindergeld oder von ergänzender Sozialhilfe ebenso wie die durch Beitragszahlungen erworbenen Ansprüche aus der Renten-, Kranken- und Arbeitslosenversicherung, gegebenenfalls aber auch der gebührenfreie Zugang zu den Hochschulen. Übersteigt der Wert der in Anspruch genommenen öffentlichen Leistungen die zu leistenden Steuern und Abgaben – die »fiskalische Nettobilanz« ist dann positiv –, wird eine Person bzw. Familie vom inländischen Wohlfahrtsstaat begünstigt. Genau wie bei den Bruttolöhnen kommt es allerdings auch bei den wohlfahrtsstaatlichen Leistungen auf den Vergleich der jeweiligen Nettovorzeile im Zu- und im Abwanderungsland an. Eine Zuwanderung, die primär auf die Erlangung wohlfahrtsstaatlicher Nettovorzeile gerichtet ist, wird als umverteilungsbedingt bezeichnet.

Zugewanderte Arbeitskräfte aus EU-Mitgliedsstaaten können exakt dieselben steuerlichen und sozialen Vergünstigungen in Anspruch nehmen wie deutsche Arbeitnehmer; natürlich zahlen sie umgekehrt vergleichbare Steuern und Abgaben. Für sie gelten des Weiteren keinerlei Beschränkungen im Hinblick auf den Zuzug von Familienangehörigen. Das schließt nicht nur Ehegatten und Kinder ein, sondern auch andere Familienangehörige, wenn diese bei der freizügigkeitsberechtigten Person wohnen und von dieser unterhalten werden. Für Zuwanderer aus Drittstaaten gilt das nur mit erheblichen Einschränkungen. So ist nicht nur eine Beschränkung des Nachzugsalters von Kindern im Aufenthaltsgesetz vorgesehen, ihnen werden auch einige soziale Vergünstigungen versagt. Wie schon erwähnt, ist etwa ein Bezug von Kindergeld für im Herkunftsland verbliebene Kinder ausgeschlossen; auch gibt es in der Regel keine koordinierenden Regelungen zwischen den Sozialsystemen des Zuwanderungslandes und des Herkunftslandes, die etwa eine Anrechnung von beitragspflichtigen Zeiten in den jeweiligen Rentenversicherungssystemen betreffen. Die Anreize für eine umverteilungsbedingte Zuwanderung sind für Arbeitskräfte aus anderen EU-Staaten also größer als für solche aus Drittstaaten. Das gilt insbesondere für gering qualifizierte Zuwanderer, die überproportional von der Teilhabe am deutschen Wohlfahrtsstaat begünstigt werden. Und es gilt vor allem für Zuwanderer aus den mittel- und osteuropäischen Ländern nach einem EU-Beitritt, da die wohlfahrtsstaatlichen Nettovorzeile in Deutschland diejenigen in den Heimatländern dieser Zuwanderer um ein Vielfaches übersteigen.

Das ifo Institut für Wirtschaftsforschung hat in einer kürzlich veröffentlichten Studie die fiskalische Nettobilanz für Zuwanderer ermittelt, die sich 1997 in den alten Bundesländern aufhielten. Bei einer Aufenthaltsdauer von bis zu zehn Jahren ergab sich dabei ein durchschnittlicher Nettovorteil von etwa 4 600 DM pro Jahr und Kopf. Bei einer zuwandernden Familie mit zwei Kindern macht das

immerhin über 30 Prozent des durchschnittlichen Bruttolohns aus. Zwar lassen sich diese Zahlen nicht ohne weiteres auf zukünftige Zuwanderer aus Drittstaaten oder aus den mittel- und osteuropäischen Ländern nach einem EU-Beitritt übertragen, sie signalisieren aber doch einen beträchtlichen Anreiz zur umverteilungsbedingten Zuwanderung. Dies hätte aus doppeltem Grund negative Auswirkungen. Zum einen würde der inländische Wohlfahrtsstaat unter Druck geraten. Wenn er von immer mehr Personen in Anspruch genommen wird, müssen entweder die Leistungen gekürzt oder die zu seiner Finanzierung erhobenen Abgaben und Steuern erhöht werden.

Heißes Eisen Zuwanderung:

Otto Schily hofft auf Abweichler in der Union, um „modernstes E

Mittelbayerische Zeitung
23. Januar 2002

Dies würde die reicherer Haushalte treffen, die durch Steuern und Beiträge die wohlfahrtsstaatlichen Leistungen finanzieren. Tendenziell bestünde also für reichere Haushalte bei weiterer Verschärfung der Abgabenbelastung ein Anreiz, in Länder mit einem weniger ausgebauten Wohlfahrtsstaat auszuwandern. Wenn die Finanzierungsgrundlage bröckelt, müssen die Leistungen gekürzt werden. An wohlfahrtsstaatlichen Leistungskürzungen führt damit letztlich kein Weg vorbei.

Umverteilungsbedingte Zuwanderung führt aber auch dazu, dass das Inlandsprodukt schrumpft. Bei einer produktivitätsgeleiteten Wanderung wird die gemeinsame Produktion von Zuwanderungsland und Herkunftsland maximiert. Bei einer zusätzlichen umverteilungsbedingten Wanderung nimmt die aggregierte Produktion dann aber wieder ab. Deshalb gibt es gleich zwei Gründe, eine umverteilungsbedingte Zuwanderung zu unterbinden: Sie unterläuft den Wohlfahrtsstaat im Zuwanderungsland, und sie bewirkt Produktionsverluste.

Stahlindustrie braucht dringend Ingenieure

DIE WELT
23. März 2002

Schlussfolgerungen

Wir haben zwei unterschiedliche Motive für die Zuwanderung von Arbeitskräften nach Deutschland identifiziert: Zuwanderung kann produktivitätsgeleitet sein oder aber umverteilungsbedingt erfolgen. Aus ökonomischer Sicht sind umverteilungsbedingte Wanderungen negativ zu beurteilen. Sie führen zu einer Erosion des Wohlfahrtsstaates im Zuwanderungsland und bewirken aggregierte Sozialprodukteverluste. Eine derart motivierte Zuwanderung sollte in der Tat verhindert werden. Eine produktivitätsgeleitete Migration ist demgegenüber positiver zu beurteilen: sie hat eine Zunahme des Sozialprodukts zur Folge. Und wenn in erster Linie qualifizierte Arbeitskräfte zuwandern, so hat dies positive Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt für gering qualifizierte Erwerbstätige – jedenfalls dann, wenn qualifizierte und gering qualifizierte Arbeit komplementäre Produktions-

faktoren sind. Eine Zuwanderung gering qualifizierter Arbeitskräfte ist dagegen zurückhaltender zu beurteilen. Zwar kann auch sie das Sozialprodukt erhöhen, aber sie hat insofern unerwünschte Auswirkungen auf inländische gering qualifizierte Erwerbspersonen, als entweder deren Lohnniveau sinkt oder deren Arbeitslosigkeit zunimmt.

Herkunftslandes zugeordnet; Sozialleistungen und Sozialabgaben ermitteln sich solange nach den Regelungen des Herkunftslandes. Umverteilungsbedingte Wanderungsbewegungen werden dadurch während dieser Zeit vermieden. Zuwanderung erfolgt bei verzögter Integration überwiegend produktivitätsgeleitet, also mit entsprechend positiven Auswirkungen auf das aggregierte Sozialprodukt. Das Prinzip der verzögerten Integration führt eine zeitliche Befristung genau dort ein, wo sie volkswirtschaftlich sinnvoll ist: bei der Inanspruchnahme wohlfahrtsstaatlicher Begünstigungen im Zuwanderungsland. Ansonsten kann jeder Arbeitnehmer aus einem EU-Mitgliedsstaat in jedem anderen ungehindert eine Beschäftigung aufnehmen; er bekommt nur nichts mehr geschenkt. Ein solcher Systemwechsel vom Beschäftigungslandprinzip zum Prinzip der verzögerten Integration mag im Detail gewisse Probleme aufwerfen; er würde auch eine Anpassung im europäischen Gemeinschaftsrecht erforderlich machen. Das sollte aber nicht am Nachdenken über ökonomisch sinnvolle Lösungen hindern.

Bei der Zuwanderung aus Drittländern ist mit dem Zuwanderungsgesetz ein anderer Ansatz gewählt worden. Hier geht es einerseits um die Begrenzung, andererseits um die Steuerung der Zuwanderung; dabei wird explizit auf arbeitsmarktpolitische Interessen Deutschlands Bezug genommen. Durch die Steuerung soll die erwünschte Zuwanderung qualifizierter Arbeitskräfte gelenkt und durch die Begrenzung die unerwünschte Zuwanderung unqualifizierter Arbeitnehmer verhindert werden. Damit überhaupt ein Aufenthaltsrecht gewährt wird, muss der Lebensunterhalt der zugewanderten Arbeitskräfte gesichert sein; dadurch wird eine umverteilungsbedingte Zuwanderung unterbunden. Auch wenn einzelne Regelungen des Aufenthaltsgesetzes zu bürokratisch ausgefallen sind, stellt es ökonomisch einen im Großen und Ganzen sinnvollen und richtigen Ansatz dar, der im Übrigen auch mit dem Prinzip der verzögerten Integration kombiniert werden könnte. Aus ökonomischer Sicht ist das Zuwanderungsgesetz also ein gutes Gesetz.

Im Kern geht es bei der Einwanderungspolitik also darum, unerwünschte von erwünschter Zuwanderung zu trennen, das eine zu verhindern, das andere aber zuzulassen oder gar zu fördern. Ein Problem dabei ist, dass sich die Zuwanderungsmotive nicht beobachten lassen. Ein zweites ist, dass nach geltendem EU-Recht gar nicht zwischen produktivitätsgeleiteter und umverteilungsbedingter Arbeitskräfte-Migration differenziert werden darf, selbst wenn dies möglich sein sollte. Auf dieses Dilemma – man möchte »gute« von »schlechter« Zuwanderung trennen, kann oder darf es aber nicht – hat die Politik in unterschiedlicher Weise reagiert, je nachdem, ob es sich um die erwartete Zuwanderung aus den mittel- und osteuropäischen Ländern nach deren EU-Beitritt handelt oder aber um Zuwanderung aus Drittländern.

Im Hinblick auf eine Zuwanderung nach der EU-Erweiterung besteht nach geltendem Recht nur die Möglichkeit, das darin eingeschlossene Grundrecht auf Arbeitnehmerfreiheit temporär auszusetzen bzw. erst nach einer Übergangsfrist einzuräumen. Das ist eine zwar im Prinzip vertretbare, aber ökonomisch ineffiziente Lösung. Sie verhindert die Ost-West-Migration generell oder schränkt sie jedenfalls spürbar ein, vermag dabei aber nicht zwischen gesamtwirtschaftlich erwünschter und unerwünschter Migration zu trennen. Es ist wie mit einem Schuss aus der Schrotflinte: Man zielt auf den Hasen, trifft aber auch den Jagdhelfer. Der Autor hat als Mitglied des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesministerium der Finanzen an einem Gutachten mitgewirkt, in dem Vorschläge für eine zielgenaue Vermeidung unerwünschter Wanderung entwickelt werden. Auch das ifo Institut für Wirtschaftsforschung hat einen ähnlichen Vorschlag unterbreitet. Danach soll im Bereich der sozialen Sicherung das Beschäftigungslandprinzip aufgehoben und durch das »Prinzip der verzögerten Integration« ersetzt werden. Der Grundgedanke ist, dass Zuwanderer aus EU-Staaten, egal, ob aus Italien oder Polen, nur mit zeitlicher Verzögerung in die Sozialsysteme des Aufnahmelandes integriert werden. Während einer Übergangsfrist – denkbar ist ein Zeitraum von fünf Jahren – bleiben sie den Sozialsystemen des

Literatur zum Thema und Bildnachweis ► Seite 65

in
fen
ich,
den
hen
nde-
oder
lier-
twas
en zu
inde-
hemal-
alten“,
ng zu
ivsten
rund
risku-
ztwer-
teien

Außenansicht
Wahrheiten
zu einem
Tabu-Thema
Von Ralf Dahrendorf

Erstens: Auswandern ist kein Spaß. In der Regel verlassen Menschen ihre Heimat nicht aus einer Laune heraus oder aus purer Abenteuerlust. Vielmehr möchten sie eine Unbeständigkeit entfliehen.

hnen, sind
da wurd
Traumla
der gehö
sollten
und ein
rer Anzi
Dritt
ten, da
rung &
Jobs o
zu kö
spezia
für di
genel
weil
imm
den

Schröder erinnert die Grünen warnend an die Doppelpasskampagne und die Niederlage in Hessen

Zwickmühle Zuwanderung

„Zuwanderung auf Raten rettet den Sozialstaat“

Regensburger Wirtschaftsweiser sieht Risiken bei EU-Osterweiterung / Einkommensgefälle erhöht Migrationsdruck

Prof. Dr. rer. pol.
Wolfgang Wiegard
geb. 1946 in Berlin,
Studium der Volkswirtschaftslehre
in Heidelberg. 1972–1983 Wiss.
Mitarbeiter am Alfred-Weber-
Institut der Universität Heidelberg.
1978 Promotion; 1981 Habilitation.
1984 Gastprofessor an der Uni-
versity of Western Ontario, Canada.
1985–1994 Lehrstuhl für Finanz-
wissenschaft an der Universität
Regensburg. 1994–1999 Professur
für Finanzwissenschaft an der
Universität Tübingen. Seit 1999
Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre
an der Universität Regensburg.
Seit 1990 Mitglied des Wissen-
schaftlichen Beirats beim Bundes-
ministerium der Finanzen;
seit März 2001 Mitglied und
seit April 2002 Vorsitzender des
Sachverständigenrates zur Begut-
achtung der gesamtwirtschaftlichen
Entwicklung.
Forschungsschwerpunkte:
Sozialpolitik; Finanzwissenschaft;
numerische Gleichgewichtsmodelle.

Deloitte & Touche

Anspruchsvoll?

**Setzen Sie auch bei der Wahl Ihres
Arbeitgebers auf höchste Qualität.**

Bewerben Sie sich.

Deloitte & Touche
Personalabteilung
Frau Andrea Hahn
Job-Nr. VM.02.45.AA
Rosenheimer Platz 4
81669 München
career-sued@deloitte.de

Als Absolvent/in der Wirtschaftswissenschaften, (Wirtschafts-)Informatik, (Wirtschafts-)Mathematik oder Jura mit Schwerpunkt Steuer- bzw. Wirtschaftsrecht wollen Sie endlich Ihre Fähigkeiten in der Praxis unter Beweis stellen? Dann werden Sie Teil unseres internationalen Netzwerks und stellen Sie sich den immer neuen Herausforderungen einer klassischen Branche!

Bereits als Berufseinsteiger arbeiten Sie mit unseren erfahrenen Prüfern und Beratern an spannenden Projekten und erhalten früh die Chance, Ihre eigenen Ideen einzubringen und Verantwortung zu übernehmen. Nutzen Sie die Möglichkeit, Ihre fachliche Entwicklung aktiv mitzustalten und Ihre Karriereziele zu verwirklichen. Unterstützt und begleitet von einem umfassenden Weiterbildungsprogramm. Denn Ihr Wissen und Ihr Know-how sind unsere Stärke.

Deloitte & Touche

National: 2.800 Mitarbeiter, 17 Standorte,
International: im weltweiten Netzwerk von
Deloitte Touche Tohmatsu 95.000 Mitarbeiter in 140 Ländern

Mehr über uns und unsere Stellenangebote erfahren Sie
im Internet unter www.deloitte.de

wirtschaftsprüfung

corporate finance-beratung

steuerberatung

management-beratung

Die Masse macht's

Der Schwingquarz in der Bioanalytik

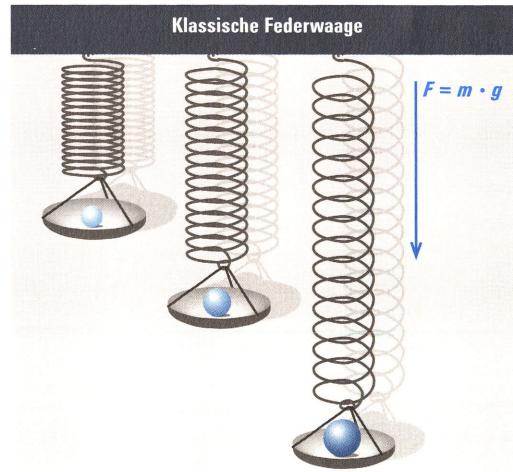
Biosensoren

Gleichzeitig mit dem Schwarzweißfernseher, dem Elektro-rasierer und dem Penicillin wurde 1929 die uns allen gut bekannte Quarzuhr erfunden. Seine enorme Genauigkeit der Zeitmessung verdankt dieser Typ Uhr einem Quarzresonator, der mit einer bestimmten Eigenfrequenz schwingt. In unserer heutigen Welt sind wir umgeben von einer Vielzahl von Schwingquarzen, die man in Quarzuhren, Computern und elektronischen Geräten findet. Neuerdings macht sich auch die Bioanalytik Quarzschwinger zunutze, um Biomoleküle wie z. B. Nukleinsäuren und Proteine nachzuweisen.

»Was macht dein Gewicht?« – »Oh, leider habe ich über die Weihnachtsfeiertage ein Kilo zugenommen.« Ein ganz alltägliches Gespräch, welches widerspiegelt, wie eine Masse physikalisch gemessen werden kann. Die Masse – in diesem Fall ein Kilogramm – erfährt aufgrund der Erdanziehung eine Kraft, die sie an einer Aufhängung nach unten zieht **1**. Diese Kraft, das Produkt aus Masse und Erdbeschleunigung, wird als Gewichtskraft bezeichnet. Dass ein Unterschied zwischen Masse und Gewichtskraft besteht, wird sofort deutlich, wenn man ein Kilogramm zunächst auf der Erde und dann auf dem Mond misst. Während die Masse konstant bleibt, beträgt die Gewichtskraft auf der Erde 9,81 Newton, auf dem Mond jedoch lediglich 1,62 Newton, also nur etwa ein Sechstel. Die Masse selbst ist ortsunabhängig, während die Gewichtskraft ortsabhängig ist. Will man also eine Masse über ihre Gewichtskraft bestimmen, so muss die Beschleunigung bekannt sein.

1

Mit Hilfe einer Federwaage kann eine Masse m gemessen werden. Aufgrund der Erdbeschleunigung g erfährt die Feder eine Kraft F , welche eine elastische Dehnung bewirkt. Robert Hooke war 1678 der Erste, der eine solche Federwaage beschrieben hat.

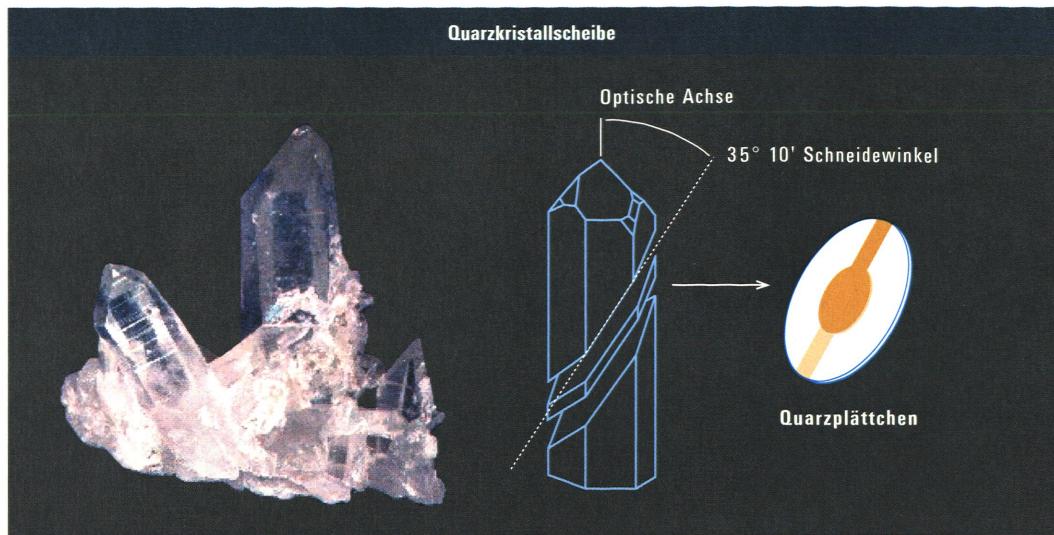


Wie präzise kann eigentlich eine Masse mit Hilfe der Gewichtskraft bestimmt werden? Je größer die Beschleunigung ist, desto empfindlicher kann sie gemessen werden. Da wir jedoch die Erdbeschleunigung nicht verändern können – sie beträgt z.B. in München 9,80723 m/s², in Flensburg 9,81486 m/s² –, ist die Genauigkeit der Massenbestimmung über die Gewichtskraft limitiert. Mit Hilfe hoch empfindlicher elektromechanischer Feinwaagen ist es auf der Erde möglich, Massen im Bereich von 0,1 µg (10⁻⁷ g) noch genau zu bestimmen. Was aber ist, wenn man eine Masse von wenigen Nanogramm (10⁻⁹ g) messen möchte, eine Problematik, die auftaucht, wenn man mit Biomolekülen arbeitet? Dann muss ein anderes Messverfahren gefunden werden, und dieses Verfahren ist Gegenstand dieses Artikels.

Schwingende Massen

Das physikalische Grundprinzip, welches verwendet wird, um eine Masse von 10⁻⁹ g »auszuwiegen«, beruht auf der mechanisch-elektrischen Schwingung eines Plättchens, dessen Frequenz sich mit der Masse ändert. Welche Eigenschaften muss ein solches Plättchen haben, um eine mechanisch-elektrische Oszillation ausführen zu können? Das Zauberwort heißt »piezoelektrischer Effekt«. Es war der Physiker Pierre Curie, der zusammen mit seinem Bruder Jacques 1880 diesen Effekt entdeckte. Sie stellten fest, dass bei einigen Kristalltypen durch Druck oder Dehnung an bestimmten Kristallflächen elektrische Ladungen auftreten. Bereits 1881 sagte dann Gabriel Lippmann voraus, dass dieser Effekt umkehrbar sein müsse, was in der Tat von den Gebrüdern Curie wenig später experimentell belegt werden konnte. Wird ein piezoelektrischer Kristall so in ein elektrisches Feld eingebracht, dass die elektrische Feldrichtung in die Richtung der piezoelektrischen Achse fällt, dann wird der Kristall in bestimmte Richtungen komprimiert oder expandiert. Dieser inverse piezoelektrische Effekt ist die Grundlage zur Erzeugung einer stabilen Oszillation.

Nicht alle Kristalle sind piezoelektrisch, α -Quarz ist jedoch ein solches Material – mit zusätzlichen besonderen mechanischen Eigenschaften **2**. Schneidet man aus einem Quarzkristall eine Scheibe mit einem Winkel von 35° 10' zur optischen Achse heraus, so erhält man ein Plättchen, welches gegensinnige Ladungen auf den beiden Flächen besitzt. Mit Hilfe von Elektroden, die beidseitig in Form von Metallfilmen, z. B. Goldfilmen, aufgebracht sind, legt man eine elektrische



2 links:

Kristalliner Quarz besteht aus zwei Elementen, Silizium und Sauerstoff, die chemische Formel lautet SiO_2 . Qualitativ hochwertige natürliche Quarze werden vor allem in Brasilien gefunden.

mitte:

Heutzutage werden fast ausschließlich künstlich gezüchtete Quarzkristalle verwendet. Um eine für eine Quarzmikrowaage geeignete Quarzscheibe zu erhalten, wird aus einem α -Quarzkristall eine Scheibe mit einem Winkel von $35^\circ 10'$ zur optischen Achse herausgeschnitten.

rechts:

Diese Scheibe wird auf beiden Seiten mit Metallfilmen belegt, die als Elektroden dienen und zugleich genutzt werden können, um spezielle Biomoleküle an die Oberfläche zu binden.

Spannung zwischen den beiden Flächen an, unter deren Einfluss sich das Quarzplättchen verformt. Es führt dabei eine Scherbewegung (Dickscherschwingung) aus. Diese mit Elektroden versehene dünne Quarzscheibe ist das Herzstück der so genannten Quarzmikrowaage, einem System, welches in der Lage ist, kleinste Massen zu »wiegen«.

Wie genau funktioniert nun dieses »Wiegen«? Die Dickscherschwingung entspricht einer Scherwelle, die an der Quarz-Luft-Grenzschicht reflektiert wird. Dadurch entsteht eine stehende Welle im Quarz mit einer bestimmten Wellenlänge λ , die der Bedingung $d = \lambda/2$ genügt, wobei d die Dicke des Quarzplättchens bezeichnet. Aus dieser Bedingung folgt demnach, dass die Dicke der Quarzscheibe ihre Resonanzfrequenz festlegt (die Wellenlänge hängt mit der Frequenz f über die Gleichung $\nu = \lambda \cdot f$ zusammen, ν = Geschwindigkeit der Welle im Quarzmaterial). Ein Quarzplättchen mit einer Dicke von $d = 0,35$ mm besitzt eine Resonanzfrequenz von $f = 5$ MHz ($5 \cdot 10^6$ Hz).

Was passiert nun, wenn sich eine zusätzliche Masse gleichmäßig auf der Quarzscheibe ablagert, die damit die Dicke des Quarzplättchens vergrößert? Dann wird die stehende Welle im Quarz länger, das heißt, die Resonanzfrequenz des Quarzplättchens sinkt. Über die gemessene Frequenzerniedrigung kann man die Masse der aufgebrachten Schicht bestimmen, sie wird gewissermaßen »ausgewogen«. Man muss nur noch wissen, wie sich die Resonanzfrequenz mit der aufgebrachten Masse ändert – das heißt, man muss das System eichen. Für den hier betrachteten 5-MHz-Quarz beträgt die Proportionalitätskonstante zwischen der aufgebrachten Masse und der Resonanzfrequenzänderung $0,057 \text{ Hz} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{ng}^{-1}$.

Das »Wiegen« von Biomolekülen

Das oben beschriebene physikalische Phänomen ist seit langem bekannt. Schon in den Anfängen des Radio- und Funkbetriebs brachte man – da es an Quarzen mit verschiedenen Frequenzen mangelte – mit einem weichen Bleistift dünne Filme auf Quarzresonatoren auf, um Transmissions- und Empfängerfrequenz aufeinander abzustimmen. 1959

formulierte der Physiker Günther Sauerbrey einen theoretischen Zusammenhang zwischen der Resonanzfrequenzänderung eines Quarzes und der zusätzlich aufgetragenen Masse. In den sechziger und siebziger Jahren war diese Technik vor allem zur empfindlichen Massenbestimmung im Vakuum und in Luft von Bedeutung.

Kommen wir aber zurück zu unserem anfänglichen Ziel, Biomoleküle »auswiegen« zu können. Nach den dargelegten Erkenntnissen sollte dies kein Problem sein, bedenkt man, dass die Technik der Quarzmikrowaage nun schon seit mehr als 50 Jahren etabliert ist. Es dauerte jedoch bis Mitte der achtziger Jahre, bis diese Technik auch bei bioanalytischen Fragestellungen eingesetzt werden konnte, um z. B. Proteine oder Nukleinsäuren in Lösungen nachzuweisen.

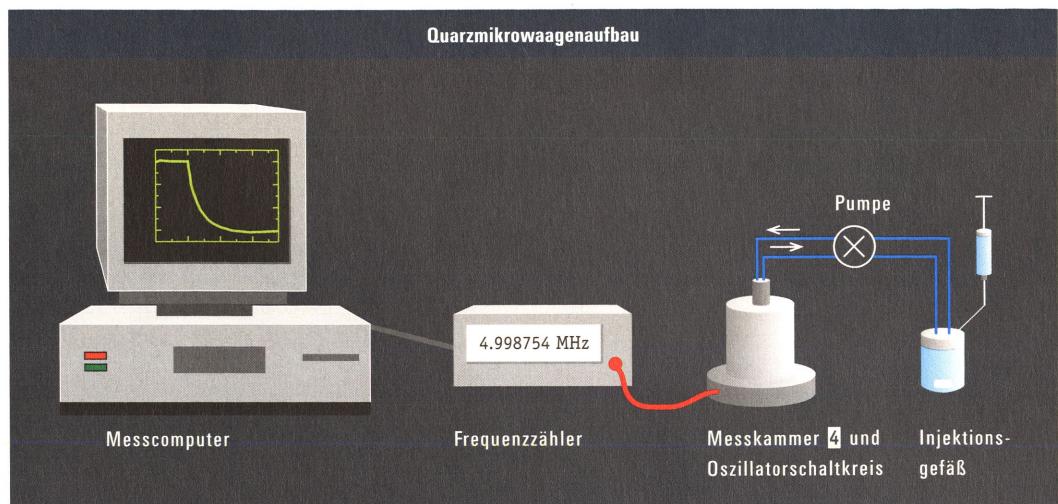
Warum ist das so? Eine weit verbreitete Methode in der Quarzmikrowägung ist die Anwendung von Oszillatorschaltungen, mit deren Hilfe das Quarzplättchen in stabile, das heißt konstant bleibende Schwingungen versetzt wird. Längst gibt es eine Reihe von verwirklichten elektronischen Oszillatorschaltungen, die Quarzscheiben in Luft und im Vakuum treiben – diese Schaltkreise funktionieren jedoch nicht in wässrigen Medien, da die Schwingung des Quarzes durch die angrenzende Flüssigkeit massiv gedämpft wird. Da Biomoleküle jedoch nur in einem wässrigen Medium voll funktionsfähig sind, muss die Quarzscheibe mit mindestens einer Seite in Kontakt zum Wasser betrieben werden. Dies gelang bis Mitte der achtziger Jahre nicht. Erst um 1985 wurden Schaltkreise entwickelt, mit deren Hilfe Quarzscheiben, die an einer Seite Kontakt zu Wasser hatten, zu stabilen Schwingungen angeregt werden konnten. Von da an war der Weg frei für bioanalytische Anwendungen; entsprechend wurde jetzt eine Vielzahl von Arbeiten auf diesem Forschungsgebiet publiziert.

Bastel-Anleitung für eine Quarzmikrowaage

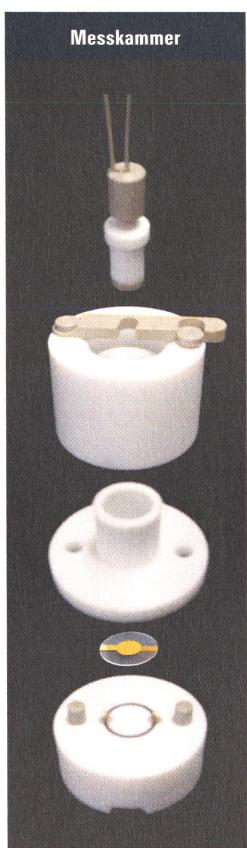
Ein Messaufbau für eine Quarzmikrowaage muss so gewählt sein, dass der Quarz in wässriger Lösung möglichst dämpfungsfrei und ohne Störungen schwingt. Verschiedene Aufbauten sind realisiert worden, von denen der in unserer Arbeitsgruppe

3

Typische Komponenten eines Messaufbaus für eine Quarzmikrowaage.



Messkammer



4

Komponenten der Messkammer, die es erlauben, die Quarzscheibe möglichst spannungsfrei in das Messsystem zu integrieren und mit einer Seite unter Wasser zu betreiben.

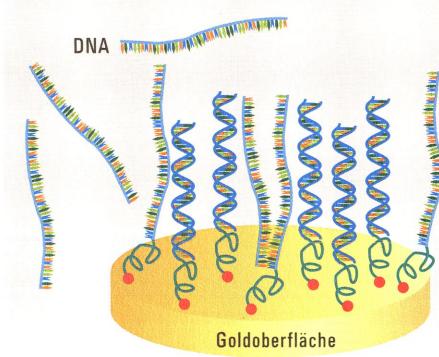
5

DNA-Moleküle, Träger unserer Erbinformation, können auf einer Oberfläche in Form von Einzelsträngen fixiert werden. Da sie mit komplementären DNA-Einzelsträngen Doppelhelices ausbilden, ist es mit ihrer Hilfe möglich, komplementäre DNA in einer Lösung nachzuweisen.

entwickelte in 3 gezeigt ist. Da Wasser die Quarzschwingung stark dämpft, ist es sinnvoll, den Quarz nicht zu >überlasten<. Aus diesem Grund wird die Quarzscheibe nur auf einer Seite dem wässrigen Milieu ausgesetzt, während die andere Seite zur Luft hin weist. Der Quarz wird gewöhnlich zwischen zwei Dichtringen in einer Messzelle eingeklemmt, welche die Schwingung des Quarzes möglichst wenig stört 4. Die Schwingung wird mit Hilfe eines elektronischen Oszillatorschaltkreises getrieben und die Resonanzfrequenz des Quarzes kontinuierlich mit einem Frequenzzähler ausgelesen, sodass jede Änderung der Frequenz sofort festgestellt werden kann. Durch einen Ein- und Auslass in der Messkammer kann jederzeit eine Substanz in das Messsystem eingebracht werden, deren Vorhandensein sich später mittels Frequenzänderung des Quarzes theoretisch eindeutig nachweisen liesse.

An diesem Punkt wird es für die Biochemiker und Bioanalytiker interessant. Denn endlich ist es möglich, mit Hilfe der in wässrigem Medium betriebenen Quarzmikrowaage Massenänderungen im Nanogramm-Bereich nachzuweisen. Dank dieses Verfahrens kann die Bindung eines Biomoleküls an eine Oberfläche, die ja zu einer Massenzunahme führt, in ein messbares Signal, sprich eine Frequenzänderung, gewandelt werden. Man sagt, die Quarzmikrowaage fungiert als Signalwandler (*transducer*).

DNA-Hybridisierung

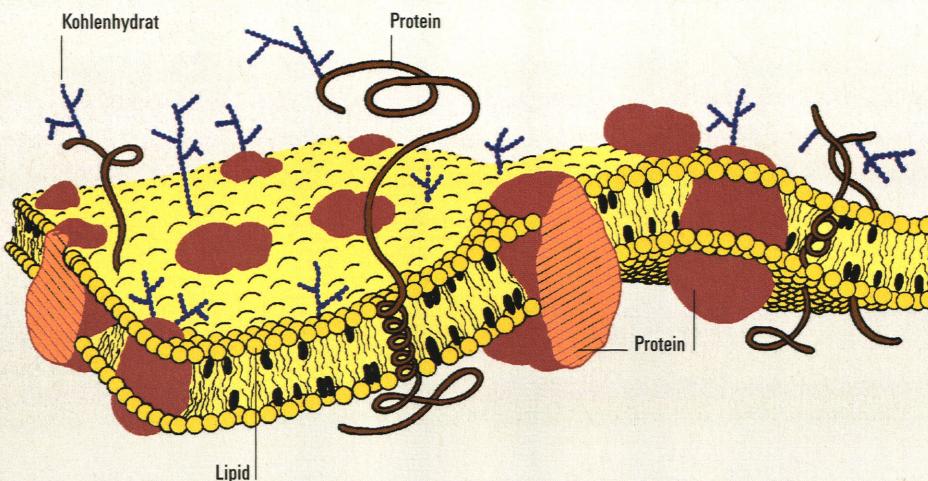


Wie aber bringt man ein Biomolekül überhaupt dazu, an eine Oberfläche zu binden? Das ist der springende Punkt, sprich die Frage, auf die die Biochemiker eine Antwort finden müssen. Alles entscheidend ist dabei die zweckdienliche Vorbereitung der Oberfläche des Quarzes, damit aus einer Lösung ganz bestimmte Biomoleküle, z. B. Nukleinsäuren oder Proteine, zielgerichtet und mit hoher Affinität an diese speziell präparierte Quarzoberfläche binden können.

>Köder-Technik auf Oberflächen

Um ein Biomolekül, welches in der Lösung nachgewiesen werden soll, selektiv an die Quarzoberfläche oder die aufgebrachten Metallelektroden auf dem Quarz zu binden, bedarf es einer >Köder-Technik<. Solche >Köder<, so genannte Rezeptormoleküle, gibt es in der Zelle, und diese werden in der Biosensorik genutzt. In einer lebenden Zelle ist es Routine, dass ein Biomolekül ein zweites erkennt. Wie anders könnte sonst das Immunsystem einen eingedrungenen Feind erfassen oder könnten DNA-Moleküle Doppelhelices bilden 5? Dahinter verbirgt sich das Prinzip der molekularen Erkennung. Diese Art der Erkennung funktioniert hochspezifisch und kann damit dazu genutzt werden, um z. B. ein bestimmtes Biomolekül aus vielen anderen herauszufischen, indem es spezifisch an die Oberfläche der Quarzscheibe gebunden wird und sich damit die Resonanzfrequenz des Quarzes erniedrigt. Zunächst muss dafür ein >Köder< auf die Oberfläche der Quarzscheibe aufgebracht werden. Zu diesem Zweck wurde eine Reihe verschiedener Techniken entwickelt, die gewährleisten, dass die Oberfläche des Quarzplättchens möglichst vollständig mit funktionalen Rezeptoren belegt ist. Wird dann das nachzuweisende Biomolekül in die Lösung gegeben, erkennt es die Rezeptoren auf der Quarzoberfläche. Es bindet an die Rezeptoren und senkt damit die Resonanzfrequenz des Quarzes. Auf diese Weise wird das Biomolekül messtechnisch erfasst. Mittlerweile gibt es eine Vielzahl von in der Praxis bewährten Versuchsanordnungen, die zeigen, dass das Prinzip der molekularen Erkennung an einer Oberfläche verlässlich funktioniert und erfolgreich für den Nachweis der Biomoleküle genutzt werden kann. So ist es u. a. möglich, DNA-Einzelstränge mit einer bestimmten Basensequenz

Zellmembran



6

Die biologische Membran umschließt alle lebenden Zellen und bildet eine halbdurchlässige Barriere für polare und geladene Moleküle. Sie besteht aus Lipiden (gelb), die in Form einer Doppelschicht angeordnet sind. Funktionsträger sind Proteine (rot), die zum einen peripher assoziiert und zum anderen in die Membran integriert sind. Die biologische Membran dient als Anheftungsort für verschiedene Biomoleküle.

auf einer Quarzoberfläche zu verankern. Aufgrund des Prinzips der molekularen Erkennung werden nur die komplementären DNA-Einzelstränge durch Ausbildung von DNA-Doppelhelices aus der Lösung an die Quarzoberfläche binden 5. Alle anderen DNA-Einzelstränge in der Lösung, selbst wenn sie sich nur in einer einzigen Base vom komplementären Strang auf der Oberfläche unterscheiden sollten - und dies ist zum Teil bei verändertem Erbgut durchaus möglich - bilden mit dem auf der Oberfläche verankerten DNA-Einzelstrang keine Doppelhelix aus. Auf diese Weise können kleinste Erbgutveränderungen nachgewiesen werden.

Zellmembranen sind ganz besondere Oberflächen

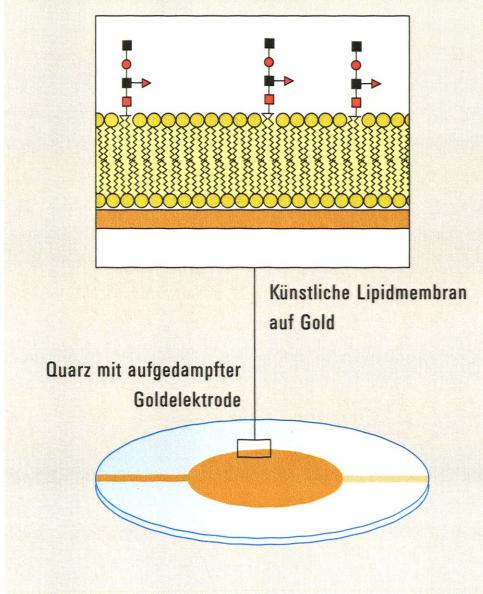
Wie oben gezeigt, lassen sich rezeptive Schichten auf einer Quarzoberfläche herstellen, die als 'Köder' fungieren und imstande sind, einzelne Moleküle spezifisch zu erkennen. Die meisten Rezeptormoleküle werden künstlich auf einer Oberfläche verankert, in der Zelle liegen sie zumeist gelöst im wässrigen Medium vor. Gibt es auch Rezeptormoleküle, die bereits in der Zelle an eine Oberfläche gebunden sind und in dieser Form genutzt werden können? Die Antwort lautet »Ja«. Jede Zelle ist nämlich umgeben von einer Hülle, der Zellmembran 6. Diese biologische Membran erfüllt exakt die Aufgabe einer rezeptiven Grenzschicht. Sie enthält eine Vielzahl von spezifischen Rezeptoren, die erkennen lassen, um welche Art von Zelltyp es sich handelt, sei es ein rotes Blutkörperchen oder eine Leberzelle.

Ein Forschungsschwerpunkt unserer Arbeiten besteht darin, dass wir auf Oberflächen biologische Membranen, die nur einige wenige Komponenten der komplexen Zellmembran enthalten, aufbauen, weil wir deren rezeptive Eigenschaften nutzen wollen. Wir konnten zeigen, dass es möglich ist, auf den Goldoberflächen eines Quarzes mit Hilfe spezieller Techniken Membranstrukturen aufzubauen, welche die Eigenschaften einer Zellmembran besitzen 7. Mit Hilfe geeigneter Methoden konnten wir Rezeptormoleküle in diese Mem-

branen einbringen und so Biomoleküle, wie z. B. Proteine, in einer Lösung nachweisen.

Worin liegt der Vorteil von künstlichen Membransystemen? Zunächst einmal sind die in einer Zellmembran verankerten Rezeptormoleküle hochspezifisch und selektiv, allerdings sind sie ohne die sie umgebende Lipidmatrix großteils nicht funktionsfähig. Deshalb müssen sie in eine Membran eingebettet werden. Zudem ist es vorteilhaft, nur einen Rezeptor, der auch als 'Köder' für das zu untersuchende Biomolekül fungiert, aus der Vielzahl an Komponenten aus der biologischen Membran herauszunehmen und auf eine Oberfläche aufzubringen, um mögliche Kreuzreaktionen auszuschließen. Dies ist nur möglich, wenn die Membran neu zusammengesetzt wird. Weiterhin können Anordnung und Anzahl der Rezeptormoleküle so eingestellt werden, dass diese sich nicht gegenseitig behindern. Dadurch ist gewährleistet, dass Proteine optimal an die Oberfläche binden können. Auf diesem Wege gelingt es uns,

Festkörperunterstützte Lipidmembran

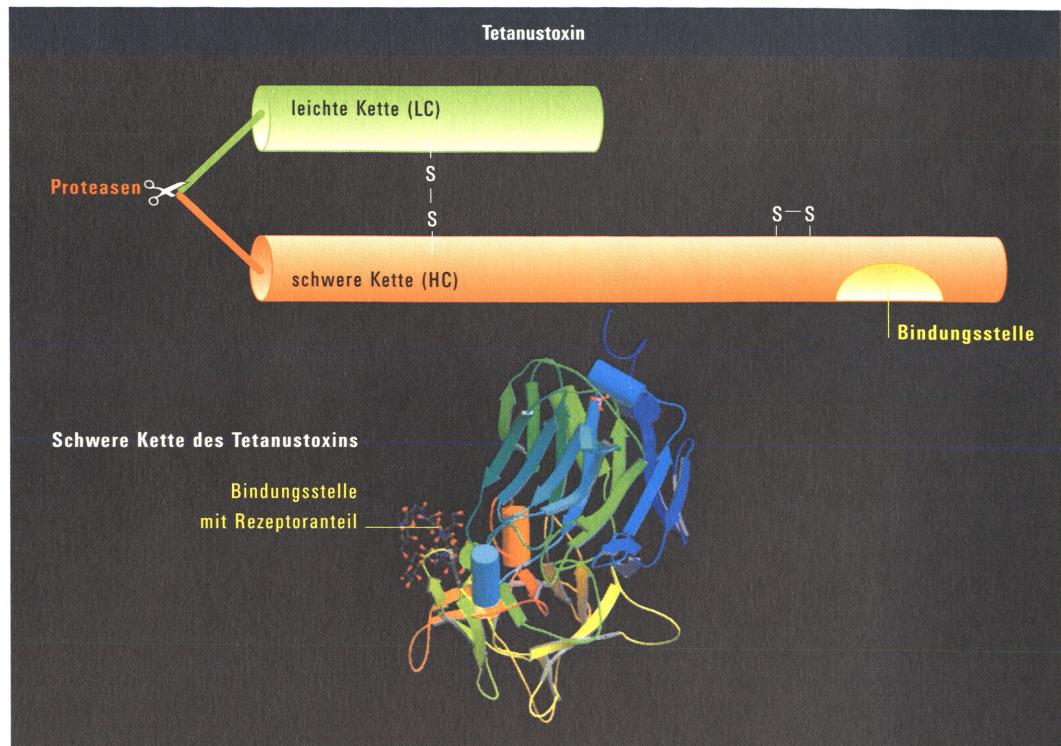


7

Eine künstliche Lipidmembran mit Rezeptoren kann auf einer Goldelektrode der Quarzscheibe fixiert werden. Bei der Schwingung wird die Lipidmembran mit bewegt. Dabei erfährt sie eine Beschleunigung, die 10^6 -mal größer ist als die Erdbeschleunigung. Die Auslenkung der Oberfläche im Zentrum des Kristalls beträgt dabei in Wasser etwa 1–2 nm.

8

Das Protein Tetanustoxin besteht aus einer leichten Kette (LC) und einer schweren Kette (HC). In der schweren Kette befindet sich die Bindungsstelle für den Rezeptor in der Lipidmembran.

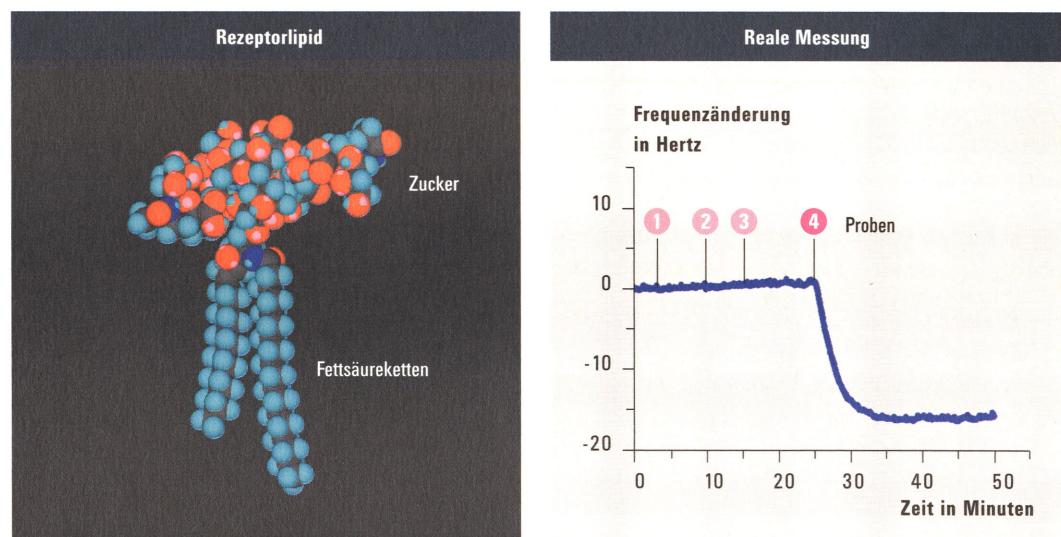


9

Einer der Rezeptoren in der Membran, den das Tetanustoxin erkennt, ist ein spezielles Lipid mit bestimmten Zuckerstrukturen. Es wird als Gangliosid G_{Tb} bezeichnet. Das Toxin erkennt die Zuckerstrukturen der Kopfgruppe des Rezeptorlipids.

10

Zeitlicher Verlauf der Resonanzfrequenzänderung eines 5-MHz-Quarzes, auf den eine Lipidmembran mit dem Rezeptorlipid G_{Tb} aufgebracht wurde. An den gekennzeichneten Punkten wurde jeweils eine der vier zu untersuchenden Proben zugegeben. Die Erniedrigung der Resonanzfrequenz bei Probe 4 zeigt an, dass Tetanustoxin an die modifizierte Oberfläche bindet – dies erbringt zweifelsfrei den Nachweis, dass die Lösung mit dem Toxin vergiftet war.



Prof. Dr. Claudia Steinem,

geb. 1967 in Münster,

Studium der Biologie und Chemie an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster,

1997 Promotion. Postdoc-Aufenthalt 1997/98 am Scripps Research Institute, La Jolla (CA, USA).

1999–2001 Wiss. Mitarbeiterin an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster,

2001 Habilitation. 2001 Professorin an der Universität Regensburg.

Forschungsgebiete:

Modellsysteme biologischer Membranen, elektrochemische und mikrogravimetrische Biosensoren.

die Ordnung und die Orientierung von Rezeptormolekülen weitgehend kontrollieren zu können; dies ist im Bereich der Biofunktionalisierung von Oberflächen eher selten der Fall. Unsere Arbeiten haben gezeigt, dass die auf Quarzoberflächen immobilisierten Rezeptor-tragenden Lipidmembranen sehr gut zum Nachweis von Proteinen geeignet sind. Dies soll am Beispiel des Nachweises eines bakteriellen Toxins, des Tetanustoxins, mit Hilfe der Quarzmikrowaage-Technik demonstriert werden.

Die spezifischen Rezeptoren auf der Oberfläche einer Zelle werden nicht nur von körpereigenen Molekülen erkannt, sondern auch von Mikroorganismen, Viren und bakteriellen Toxinen. Ein solches Toxin ist das Tetanustoxin, welches den bekannten Wundstarrkrampf auslöst. Gelangt das Bakterium *Chlostridium tetani* in unseren Organismus, so erkranken wir an Wundstarrkrampf. Wie kommt es dazu? Das Bakterium produziert ein Protein, das Tetanustoxin, welches über eine Wunde in unseren Organismus eintritt **8**. Dieses

Protein erreicht unsere Nervenzellen. Zunächst befindet es sich außerhalb der Zelle. Um wirksam zu werden, muss es in die Zelle gelangen. Dazu bindet es zunächst spezifisch an die Zellmembran, indem es bestimmte Rezeptoren erkennt wie z. B. **9**. Einmal an die Membran gebunden, kann das Toxin diese passieren und in das Zellinnere eindringen; dieser Vorgang löst den Wundstarrkrampf aus. Der entscheidende Schritt jedenfalls ist, dass das Protein imstande ist, mit enorm hoher Spezifität und Selektivität einen spezifischen Rezeptor in der biologischen Membran zu erkennen. Daher liegt es nahe, diesen auf eine Oberfläche aufzubringen, und zwar eingebettet in eine Lipidmembran, so wie man den Rezeptor auch in der biologischen Membran findet.

Welche Probe ist mit Tetanustoxin vergiftet?

Stellen wir uns vor, wir haben vier Proben erhalten, von denen wir wissen, dass eine mit Tetanustoxin vergiftet ist. Wir geben nacheinander alle vier Pro-

ben auf eine mit einer Lipidmembran beschichtete Quarzoberfläche, die den entsprechenden Rezeptor für Tetanustoxin enthält, und untersuchen, wie sich die Resonanzfrequenz des Quarzes ändert. Beobachten wir eine Antwort des Quarzes, wie in **10** gezeigt, so wissen wir, welche Probe Tetanustoxin enthält. Wie dargestellt, bindet das Protein spezifisch an das Rezeptormolekül. Die Quarzscheibe verringert durch die zusätzliche Masse von wenigen Nanogramm ihre Resonanzfrequenz um einige Hertz, dies zeigt, dass das Protein in der Lösung vorhanden ist. In einem bestimmten Konzentrationsbereich steigt die Resonanzfrequenzänderung linear mit der Proteinmenge in der Lösung. Infolgedessen kann das Protein nicht nur nachgewiesen, sondern darüberhinaus seine Konzentration in der Lösung gemessen werden. Wird die Resonanzfrequenz des Quarzes kontinuierlich registriert, kann zudem die Geschwindigkeit der Bindung des Tetanustoxins an eine Lipidmembran bestimmt werden. Diese Daten sind besonders wichtig, wenn die Schnelligkeit der Bindung diskutiert wird.

Die Suche nach der Nadel im Heuhaufen

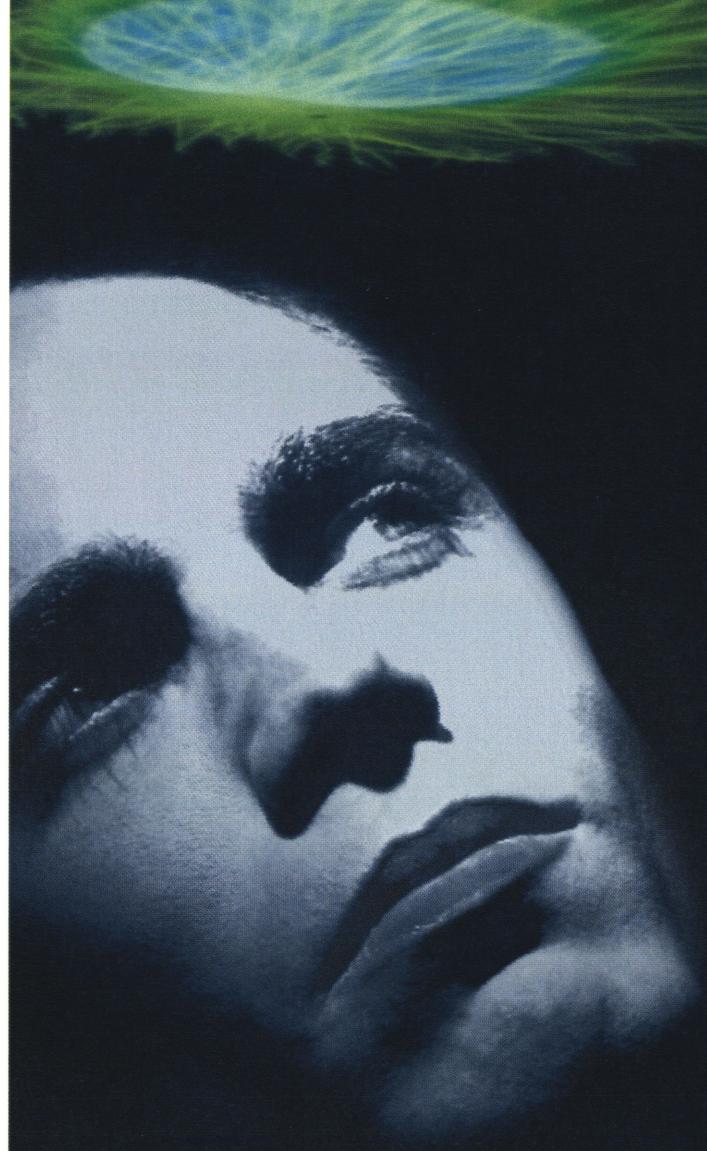
Anders ist es, wenn man zwar weiß, dass ein Biomolekül an eine Zellmembran bindet, nicht aber bekannt ist, wie der Rezeptor aussieht, der für die Bindung verantwortlich ist. Da es eine Vielzahl von Rezeptormolekülen in der Zellmembran gibt, erinnert einen das an die sprichwörtliche Suche nach der Nadel im Heuhaufen.

Auch hier ist es möglich, mit Hilfe von Membranen auf Oberflächen in Kombination mit der Quarzmikrowaage-Technik Licht in das Dunkel zu bringen. Zu diesem Zweck lassen sich Lipidmembranen mit verschiedenen Rezeptormolekülen herstellen. Anschließend wird untersucht, an welche dieser Rezeptoren das Biomolekül bindet. Auf diese Weise konnten wir die Stärke der Bindung von Tetanustoxin an verschiedene Rezeptorlipide bestimmen und damit die molekulare Struktur, die das Rezeptormolekül für eine optimale Bindung des Toxins benötigt, aufklären.

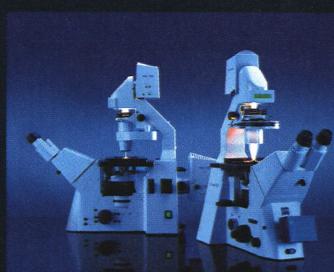
Die Zukunft der modernen Diagnostik

Die Quarzmikrowaage-Technik ist mittlerweile zu einem unverzichtbaren Werkzeug der Bioanalytik geworden. Sie ist eine zeitaufgelöste Methode, die schnell und ohne vorherige Markierung des zu untersuchenden Biomoleküls arbeitet. Die Einsatzbreite umfasst nicht nur die Detektion von Proteinen und DNA, wie in diesem Artikel gezeigt, sondern reicht bis zur Untersuchung ganzer Zellverbände. So können mit Hilfe der Quarzmikrowaage auch das Wachstum und die Morphologie von an Oberflächen bindenden Zellen erforscht werden. Es sind sicherlich noch nicht alle Gebiete erschlossen, die mit Hilfe der Quarzmikrowaage untersucht werden können, aber die letzten Jahre haben das enorme Potenzial dieser Technik erahnen lassen.

**Es gibt wieder etwas
zu entdecken.**



**Axiovert 200. Der neue
Maßstab in der inversen Mikroskopie.**



Grüne Fabriken für die Zukunft

Produktion medizinisch relevanter Bioprodukte in Mikroalgen

Biotechnologie

Zum Einsatz in der diagnostischen und therapeutischen Medizin werden heute in zunehmendem Maß unterschiedlichste Proteine benötigt. Bei der postoperativen Krebstherapie beispielsweise stellt die Behandlung mit tumorzellspezifischen Antikörpern eine interessante Option dar; die entsprechenden Proteine werden dabei in großen Mengen benötigt. Will man eine weitere Explosion der Kosten im Gesundheitswesen verhindern, braucht es für die heute noch teuren Proteine sowohl sichere als auch preiswerte Produktionssysteme. Hierfür bieten Mikroalgen, die Bioreaktoren unserer Seen und Weltmeere, faszinierende Zukunftsperspektiven.

Bisher wurden rekombinante, d. h. in Fremdorganismen produzierte Proteine für den medizinischen Bedarf vor allem in Mikroorganismen, wie Bakterien oder Hefen, oder mit Hilfe von tierischen Zellsystemen hergestellt. Ein prominentes Beispiel der Verwendung von Bakterien stellt die Synthese von humanem Insulin dar. Vor Beginn der achtziger Jahre wurde Insulin aus den Bauchspeicheldrüsen von Schweinen und Rindern gewonnen. Seit 1982 wird Insulin rekombinant in Bakterien produziert; dabei handelt es sich um das erste in Bakterien hergestellte Protein, das für die Verwendung in der Therapie zugelassen wurde. Dies stellte einen Meilenstein dar, da Insulin nunmehr sicherer (frei von allergie- und krankheitsauslösenden Nebenprodukten) gewonnen werden konnte. Ein weiteres Beispiel für die Gewinnung von rekombinanten Wirkstoffen ist die bakterielle Synthese von menschlichem Wachstumshormon, das bei der Therapie von Kleinwüchsigkeit beim Menschen eingesetzt wird. Das Verfahren hat jedoch seine Grenzen: Komplexer aufgebaute Proteine können nicht in Bakterien produziert werden.

Rekombinante Proteine aus tierischen Zellen und transgenen Tieren

Die begrenzte Nutzbarkeit bakterieller Systeme beruht darauf, dass Bakterien keine »Maschinerie« für Sekundärmodifikationen, wie etwa die Verknüpfung von Proteinen mit Zuckerresten, besitzen. Diese Modifikationen sind aber für die Funktion und Verträglichkeit komplexer menschlicher Proteine (z. B. Antikörper) wichtig, vor allem, wenn es sich dabei um Proteine handelt, die aus mehreren Untereinheiten aufgebaut sind. Ferner werden die synthetisierten rekombinanten Proteine häufig in inaktiver Form in den Bakterien gespeichert, sodass

eine arbeits- und kostenintensive Aktivierung erforderlich ist, um die funktionell wirksame Proteinform zu erhalten. Außerdem muss gewährleistet werden, dass die Proteine frei von Verunreinigungen mit bakteriellen Giftstoffen sind.

Aus den oben erwähnten Gründen wurden in den letzten Jahren für die Proteinproduktion zunehmend tierische Zellkulturen oder transgene Tiere herangezogen. So wird beispielsweise der humanisierte Antikörper Herceptin, der zur Behandlung ausgewählter Brustkrebsarten verwendet wird, in Hamsterzellen produziert. Transgene Organismen enthalten neben ihrem eigenen Genom noch DNA anderer Organismen. Dieses gezielt eingeschleuste fremde Erbmaterial verleiht ihnen neue Eigenschaften wie z. B. die Fähigkeit, das gewünschte Protein in ihrem Blut oder ihrer Milch auszuscheiden. In der pharmazeutischen Industrie bezeichnet man die Verwendung transgener Tiere, deren Milch oder Blut zusätzliche Proteine enthält, als »Gene-Farming«. Im Labormaßstab konnten mit Hilfe transgener Schafe, Ziegen, Rinder und Schweine bislang bereits mehr als 50 verschiedene Proteine gewonnen werden. Beispiele dafür sind der menschliche Blutgerinnungsfaktor IX aus transgenen Schafen und humanes Protein C, ein wichtiger Regulator der Blutgerinnung, aus transgenen Schweinen.

Sowohl tierische und menschliche Zellkulturen als auch transgene Tiere besitzen die »Maschinerie« für die nachträgliche Modifizierung und korrekte Faltung der Proteinmoleküle, so dass die produzierten Fremdproteine weitgehend identisch mit denen natürlicher Herkunft sind. Ein Problem dieser Systeme besteht jedoch darin, dass eine Verunreinigung der erhaltenen Proteine mit Krankheitserregern nicht mit Sicherheit auszuschließen ist. Ferner ist die Verwendung transgener Tiere aufgrund ethischer Bedenken gesetzlich eingeschränkt. Ein weiterer Nachteil bei der Nutzung tierischer und menschlicher Zellkulturen ist deren begrenzte Kapazität, da eine Kultivierung von tierischen Zellen im Großmaßstab zur Produktion großer Mengen des gewünschten Proteins schwierig ist, was sich in hohen Produktionskosten niederschlägt.

»Molecular Farming« mit transgenen Pflanzen

Seit den achtziger Jahren versucht man, pflanzliche Systeme für die Proteinsynthese zu nutzen. Die Produktion von pharmazeutisch wichtigen und kommerziell Gewinn versprechenden Proteinen in Pflanzen bezeichnet man als »Molecular Farming«.

Vergleich verschiedener Expressionssysteme

	Transgene Pflanzen	Pflanzenviren	Hefe	Bakterien	Säuger Zellkultur	Transgene Tiere	Mikroalgen
Zeitaufwand	hoch	niedrig	mittel	niedrig	hoch	hoch	niedrig
Produktion	weltweit	weltweit	limitiert	limitiert	limitiert	limitiert	weltweit
Produktionskosten	niedrig	niedrig	mittel	mittel	hoch	hoch	niedrig
Kosten für Ausbau auf Großproduktion	gering (unlimitierte Biomasse)	gering (unlimitierte Biomasse)	hoch*	hoch	hoch	hoch	mittel* bis gering (unlimitierte Biomasse)
Ertrag	hoch	sehr hoch	hoch	mittel	mittel bis hoch	hoch	?
Lagerung	billig/ Raumtemperatur	billig/ -20 °C	billig/ -20 °C	-20 °C	in flüssigem Stickstoff	in flüssigem Stickstoff	billig/ 18 bis 27 °C
Transport / Verteilung	einfach	einfach	möglich	möglich	schwierig	schwierig	einfach
korrekte Proteinsynthese	hoch?	mittel	mittel	gering	hoch	hoch	? (hoch?)
Glycosylierung	korrekt?	korrekt?	falsch	keine	korrekt	korrekt	korrekt?
therapeutisches Risiko*	unbekannt	unbekannt	unbekannt	ja	ja	ja	unbekannt
ethische Bedenken	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	hoch	gering bis mittel

»Molecular Farming« wurde vor allem entwickelt, um die gewünschten Proteine in großen Mengen herstellen zu können. Bereits Ende der achtziger Jahre gelang es, mit Hilfe transgener Pflanzen voll wirksames menschliches Wachstumshormon, Interferone, menschliches Serumalbumin und sogar komplex aufgebaute Antikörper zu produzieren. Zwar ist bisher noch keines der in Pflanzen hergestellten Proteine als Arzneistoff zugelassen, doch haben einige bereits die Phasen I und II der klinischen Prüfung erfolgreich bestanden. Darunter befinden sich Impfstoffe, wie z. B. Oberflächenproteine von Hepatitisviren und ein bakterielles Toxin, die zur aktiven Immunisierung verwendet werden.

Die in Pflanzen hergestellten rekombinanten Proteine kommen in ihren Eigenschaften den menschlichen Originalproteinen besonders nahe, da pflanzliche Zellen dieselben Proteinsynthese-, Sekretions- und Proteinfaltungsmechanismen wie Säugerzellen verwenden. Außerdem führen sie die nachträglichen Modifikationen aus, die für die korrekte Funktion des Proteins wichtig sind. Obwohl die Proteine, die in Pflanzenzellen produziert werden, etwas andere Zuckerstrukturen aufweisen, konnten bei den bisher synthetisierten Antikörpern bei Experimenten im Reagenzglas keine Unterschiede in der Antigenbindung beobachtet werden. Die Isolierung und Reinigung der Proteine wird in manchen Fällen vielleicht gar nicht nötig sein, wenn die entsprechende Pflanze direkt verzehrt werden kann (z. B. als essbarer Impfstoff). Schließlich entfällt die Gefahr der Verunreinigung mit Mikroorganismen, die beim Menschen Krankheiten auslösen können.

Pflanzen, die keine pharmazeutisch genutzten Proteine, sondern Nahrungsmittelzusatzstoffe herstellen, können ohne weiteres unter Ausnutzung der vorhandenen Infrastruktur auf Feldern kultiviert werden; die nötigen Technologien zum Ernten und Verarbeiten landwirtschaftlich genutzter Pflanzen wurden im Laufe der Jahrhunderte optimiert.

Durch Ausnutzung von Regulationsmechanismen kann die Proteinsynthese auch gezielt in bestimmten pflanzlichen Organen wie Blättern oder Samen erfolgen. Eine Speicherung des gewünschten Proteins in den Pflanzensamen, wie z. B. im

Getreidekorn, kann die langfristige Lagerung erleichtern.

Die Produktion von medizinisch relevanten Proteinen in Pflanzen birgt jedoch auch Risiken, vor allem besteht die Gefahr, dass sich die transgenen Eigenschaften über die Pollen der genveränderten Pflanzen auf Wildpflanzen bzw. landwirtschaftlich genutzte Pflanzen ausbreiten. Dies kann zur Synthese des gesuchten Proteins in anderen Pflanzen führen, die nicht dafür vorgesehen sind. Somit könnten pharmazeutisch genutzte Proteine möglicherweise unkontrolliert in die Nahrungskette des Menschen gelangen. Bevor transgene Pflanzen also tatsächlich in großem Maßstab zur Produktion pharmazeutisch relevanter Proteine genutzt werden können, müssen noch viele Kontrollexperimente durchgeführt werden, um Gefahren für den Menschen und seine Umwelt auszuschließen. Dazu zählt beispielsweise eine genaue Analyse der abgeänderten Zuckerstrukturen, die deren Einfluss auf die Wirkung der für die Therapie vorgesehenen Proteine klärt. Trotz der genannten Vorbehalte steht außer Frage, dass Pflanzen grundsätzlich ein großes Potenzial zur Produktion von homogenen,

1

Vergleich der Kosten der Produktion von rekombinantem Protein in verschiedenen Systemen.

- * Risiko durch verbleibende virale Sequenzen, Onkogene oder Endotoxine
- * bei Produktion in großen Fermentern

Im Labor erfolgt die Zucht und Ernte von Grünlagen in belebten Glasfermentern.



Vergleich der Kosten für die Antikörperproduktion: Zellkultur versus transgene Pflanzen.

Vergleich der Kosten		
Zahlenbeispiel 1		
a Kosten für die Produktion von IgG (Antikörper) in Alfalfa (blaue Luzerne) in einem 250 m ² -Treibhaus	≈ US\$	500-600 pro Gramm
b Kosten für die Produktion von IgG in Hybridoma-Zelllinie (Zellkultur)	≈ US\$	5000 pro Gramm
c Kosten für die Produktion in der Milch transgener Ziegen	US\$	500-1000 pro Gramm
Zahlenbeispiel 2		
bei sehr guten Produktionsraten von bis zu 500 mg IgG pro Gramm Tabak-Blatt (≈ 0,05 %)	weniger als US\$	50 pro Gramm
sollten die Kosten der Produktion des Antikörpers in Freilandkultur liegen bei		
dies ist ein signifikanter Unterschied im Vergleich zu den Kosten		
– bei Zellkultur	US\$	5000 pro Gramm
– bei transgenen Tierproduktionssystemen	US\$	500-1000 pro Gramm

sichereren Produkten für die therapeutische Anwendung bergen **1**.

Damit weisen alle genannten Systeme Vor- und Nachteile auf, die man gegeneinander abwägen muss, um das optimale Verfahren in Bezug auf Qualität, Quantität, Sicherheit und Kosten **2** zur Produktion des gewünschten Proteins zu finden.

Ein wichtiges Problem, das es derzeit bei der Entwicklung neuartiger therapeutischer Wirkstoffe zu lösen gilt, ist die nötige Steigerung der Produktionskapazität. Wie im März 2001 in der Zeitschrift *Nature Biotechnology* berichtet wurde, befinden sich derzeit 122 biologische Produkte, darunter 20 monoklonale Antikörper, in der Phase III der klinischen Prüfung. Sollten diese Stoffe die Zulassung als Arzneimittel erhalten, muss gewährleistet sein, dass sie in ausreichender Menge für die therapeutische Anwendung am Patienten zur Verfügung stehen. Viele Auftragsproduzenten sind jedoch bereits heute für die nächsten ein bis zwei Jahre ausgebucht. Aus diesem Grund ist es wichtig, neue Systeme zu entwickeln, die eine einfache Kultivierung erlauben, bei der zudem eine rasche, kostengünstige und hochwirksame Reinigung der Proteine gewährleistet werden kann. Eine Alternative stellt die Nutzung einzelliger Grünalgen dar. Dieser Ansatz wird von unserer Forschungsgruppe hier in Regensburg verfolgt.

Photosynthesebilanz. Unter Mikroalgen versteht man einzellige oder aber aus nur wenigen Zellen bestehende Algen, die entweder in Süßwasser wie in unseren heimischen Seen (zum Beispiel *Chlamydomonas*) oder aber in Salzwasser wie den Weltmeeren vorkommen **3**.

Für die ›klassische‹ Algenbiotechnologie – das heißt die Nutzung von Algen oder Algeninhaltsstoffen als Nahrungsmittel, Nahrungsmittelzusatzstoff, Kosmetika etc. – stehen große Produktionsanlagen in Japan, Indonesien, Australien, Kuba, Hawaii und Israel zur Verfügung, also vorwiegend in Ländern, in denen Algen teilweise seit Jahrhunderten als Nahrungsmittel eine Tradition haben. Ergänzend dazu befindet sich derzeit eine ›moderne‹ Algenbiotechnologie im Aufbau, deren Ziel es ist, Algen zur Herstellung rekombinanter Proteine zu nutzen. Um brauchbare Systeme der Gewinnung von Biomolekülen zu erproben, arbeitet man momentan mit der Süßwasseralge *Chlamydomonas reinhardtii* sowie mit verschiedenen Kieselalgen.

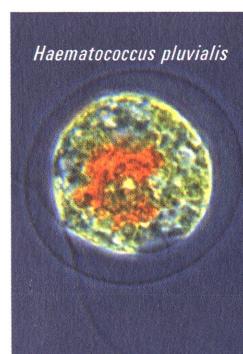
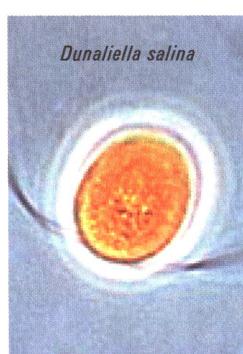
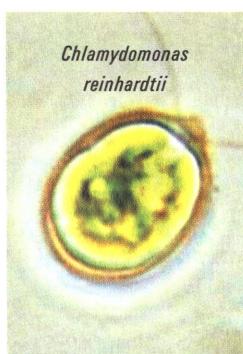
Für die Nutzung in der Biotechnologie weisen Algen vorteilhafte Eigenschaften auf. Mikroalgen wie die bei uns verwendete Grünalge *Chlamydomonas reinhardtii* sind einzellige pflanzliche Systeme geringer Komplexität. Die Algen wachsen sehr schnell unter photoautotrophen (Licht plus Kohlendioxid), photomixotrophen (Licht plus

Produktion rekombinanter Proteine in Mikroalgen

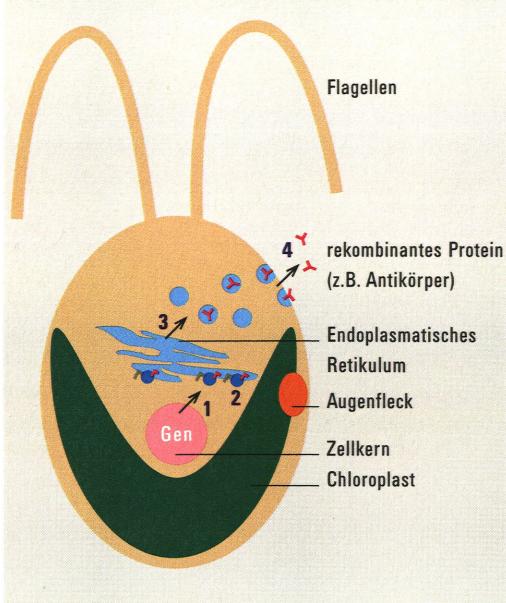
Algen sind besonders in den Weltmeeren außerordentlich weit verbreitet. Sie sind eukaryontische Organismen, die zusammen mit den prokaryontischen Cyanobakterien einen enormen Beitrag zur Sauerstoff liefernden und Kohlendioxid abbauenden Photosynthese auf unserer Erde leisten: Sie übernehmen stolze 46 Prozent der gesamten

3

Verschiedene Mikroalgen. Die einzelligen Grünalgen weisen Durchmesser von ca. 10-30 µm auf. Der Vielzeller *Volvox* weist dagegen einen Durchmesser von ca. 0,5-2 mm auf.

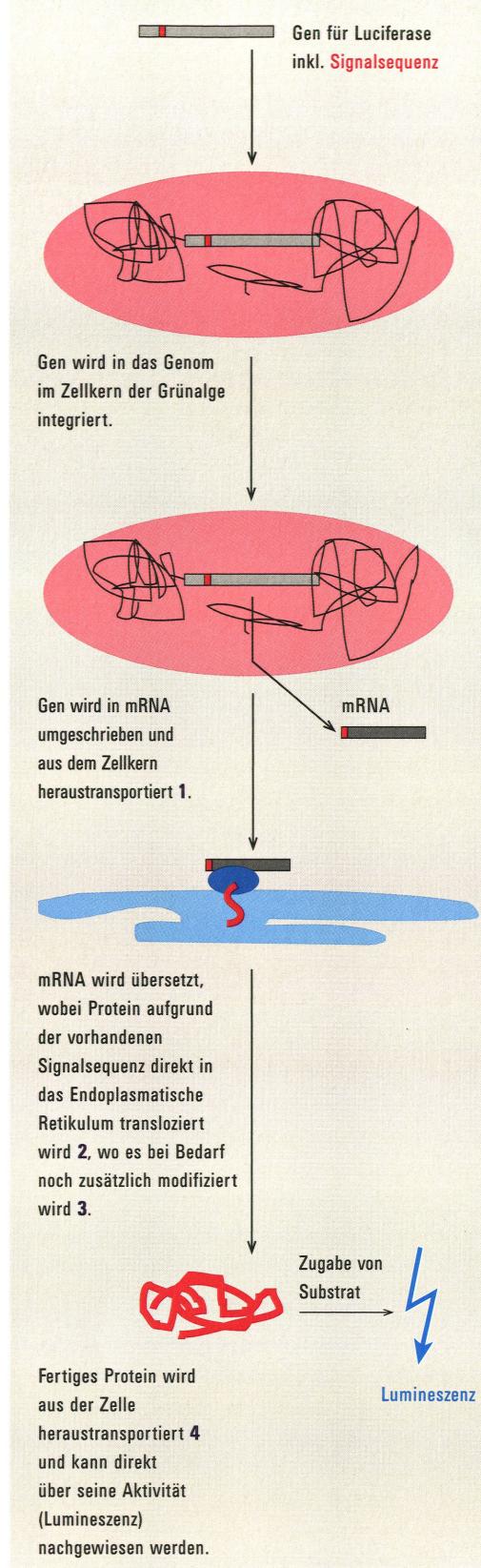


Sekretion in Grünalgen



organische Kohlenstoffquelle) und fermentativen (reichhaltiges Wachstumsmedium) Bedingungen. Die Kultivierung von Mikroalgen unter photoautotrophen Bedingungen ist besonders kosten-günstig, da lediglich Wasser, Mineralsalze und Licht benötigt werden. Weiterhin erreicht man eine hohe jährliche Ausbeute an Biomasse von bis zu 100 Tonnen pro Hektar Fläche. Die Algen können häufig geerntet werden, da sich die Biomasse einzelliger Grünalgen innerhalb von zwölf Stunden verdoppelt. Um eine hohe Produktionsrate des gewünschten Proteins in Algen zu erreichen, genügt es aber nicht, die Gene in die Algen einzuschleusen – sie müssen an den Wirtsorganismus angepasst werden. Hierzu werden die Gene in der Regel neu synthetisiert. Dieser Schritt wird unter anderem in Regensburg von den Firmen *Entelechon* und *Geneart* durchgeführt. Im nächsten Schritt stellt man ein Fusionsprodukt zwischen dem Gen für das gewünschte Protein und einem so genannten Marker-Gen her. Bei den von uns verwendeten Marker-Genen handelt es sich entweder um Gene für lumineszierende Proteine wie Luziferasen oder aber um fluoreszierende, also unter Bestrahlung leuchtende Proteine, wie beispielsweise das Protein GFP (Grün Fluoreszierendes Protein). Diese maßgeschneiderten DNA-Konstrukte werden in das Genom der Grünalge integriert, und es werden diejenigen Grünalgen selektiert, die das gewünschte Fusions-Protein herstellen. Durch die Verwendung bestimmter Signal-Sequenzen, so genannte Leader-Peptide, erreicht man, dass die Proteine ins extrazelluläre Medium abgegeben werden **4** (links). Dies erleichtert die Gewinnung des gewünschten Proteins ganz erheblich, da es nicht aus der Algenzelle isoliert werden muss, sondern nach Abtrennung der Algenbiomasse durch einfache Reinigungs-schritte aus dem Flüssigmedium gewonnen wird. Mit dem Marker-Protein Luciferase konnte gezeigt werden, dass der Export dieses Proteins ins Medium mit Hilfe der Signal-Sequenz gut funktioniert, wobei die Funktion des Proteins vollständig er-

Einzelschritte der Sekretion



4

Transport von in *Chlamydomonas* produzierten rekombinanten Proteinen ins extrazelluläre Medium:

Das entsprechende Gen wird im Kern der Grünalge abgelesen und in die messenger RNA (mRNA) umgeschrieben.

Diese mRNA wird aus dem Kern heraustransportiert **1**.

Spezielle Transportsignale sind dafür verantwortlich, dass beim Übersetzen der mRNA-Information in das Protein das Produkt während der Synthese direkt in das Endoplasmatische Retikulum (ein spezielles Membransystem der Zelle) eingeschleust wird **2**. Dort wird das Protein modifiziert (z. B. mit Zuckerstrukturen versehen) und anschließend aus der Zelle heraustransportiert **3** und **4**.

Die einzelnen Schritte sind in Abbildung **4** (rechts) noch einmal vergrößert dargestellt.

halten bleibt. Dies ist in **4** (rechts) schematisch dargestellt.

Will man Bioprodukte herstellen, die keine Proteine sind und einen Aufbau über den Stoffwechsel erfordern, ist es oft notwendig, Enzyme in ihrer Spezifität und Menge in der Algenzelle zu verändern. Ein Beispiel hierfür ist die Produktion von

5

Photobioreaktor des Fraunhofer-Instituts für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB (Stuttgart) zur Großproduktion von Algen im Freiland unter sterilen cGMP-Bedingungen.



sprechenden Gens reduziert werden. Andererseits können neue Proteine, die zusätzlich für die Synthese von Bioprodukten benötigt werden, in die Algen eingebracht werden.

Die Verwendung von Algen als Produktionsystem führt zu einer Verbesserung der biologischen Sicherheit der Produkte. Beim Einbringen der Fremd-DNA für das gewünschte Protein wird in der Regel mit einem zusätzlichen Marker-Gen gearbeitet; dieses erleichtert die Auswahl der Organismen, die die Fremd-DNA in ihr Genom integriert haben. Bei der Herstellung transgener Tiere oder Pflanzen verwendet man zu diesem Zweck meist Antibiotika-Resistenzmarker-Gene. Algen bieten hier eine vorteilhafte Alternative, da man Stämme verwenden kann, die nur in Gegenwart von Ammonium oder Arginin wachsen können. Diese Wachstumsschranke lässt sich durch Einbringen der fehlenden Gene aufheben und für die gezielte Selektion nutzen – damit kann auf Antibiotika-Resistenzmarker-Gene verzichtet werden. Dieses günstige Verfahren gewinnt speziell dadurch zusätzliche Relevanz, dass Antibiotika-Resistenz-Gene in landwirtschaftlich genutzten transgenen Organismen ab dem Jahre 2005 gesetzlich verboten sein werden. Eine weitere Möglichkeit zur Steigerung der biologischen Sicherheit besteht in der Verwendung von Algenstämmen, die einen Defekt in ihrer Zellwand aufweisen und deshalb in der Natur keine Überlebenschance haben. Mit der Wahl dieser defekten Stämme wird gewährleistet, dass die transgen veränderten Eigenschaften nicht auf Wildformen übertragen werden. Eine zusätzliche Entkopplung von der Nahrungskette erreicht man durch die Anzucht der Algen in geschlossenen Photobioreaktoren 5. In diesen nämlich wird die Anzucht und Aufarbeitung unter sterilen cGMP-(current Good Manufacturing Practice)-Bedingungen problemlos möglich – diese vom Gesetzgeber verbindlich definierten Anforderungen müssen bei der Produktion von pharmazeutisch genutzten

β -Carotin in der einzelligen Grünalge *Dunaliella salina*. Bei diesem Produkt handelt es sich um eine Vorstufe von Vitamin A, welches unter natürlichen Bedingungen in diesen Algen produziert wird. Die Algen werden hierbei so verändert, dass sie das β -Carotin in großen Mengen >überproduzieren<. Anschließend werden die Algen geerntet, gewaschen, getrocknet, in Tablettenform gepresst und als Vitaminpräparat zur Nahrungsergänzung verkauft. Die Sequenzen nahezu aller Enzyme der von uns verwendeten Alge *Chlamydomonas* sind über die Genomprojekte bekannt und damit für Modifikationen zugänglich. Die Enzymmenge kann in der Zelle durch Einbringen inhibitorischer RNA (RNAi) durch die Stilllegung des ent-

6

Großproduktion von *Dunaliella* in einer Freilandanlage in Eilat (Israel). Diese Algen produzieren den Naturstoff β -Carotin, eine Vorstufe von Vitamin A. Aufgrund der Eigenfarbe von β -Carotin weisen die Kulturen einen intensiven orangefarbenen Ton auf.



Substanzen streng eingehalten werden, um die Qualität, Reinheit und Sicherheit der Produkte zu gewährleisten. Diese Photobioreaktoren werden zu Hunderten auf Feldern aufgestellt oder aufgehängt und ermöglichen unter Ausnutzung von Sonnenenergie die Algenproduktion in geschlossenem Kreislauf. Wie beim »Molecular Farming« mit höheren Pflanzen entfällt bei Verwendung von Algen ebenfalls die Problematik einer eventuellen Verunreinigung mit menschlichen Krankheitserregern, was die Sicherheit eines pharmazeutisch genutzten Produktes entscheidend erhöht.

Handelt es sich um technisch genutzte Produkte für die Industrie, wie z. B. Nahrungs- oder Kosmetikadditive, empfiehlt sich eine Umstellung auf halophile (= salzliebende) Algen. Die halophile Alge *Dunaliella salina* wächst in Salzkonzentrationen von mehr als 90 Gramm pro Liter, also unter Bedingungen, bei denen nur sehr wenige andere Organismen überlebensfähig sind. Diese Algen, die selbst als Nahrungsmittel zugelassen sind, können in offenen Becken mit mehr als 50 000 Kubikmeter Volumen gezüchtet werden [6]. Das macht die Algenzucht sehr kostengünstig.

Bisher werden in Algen zwar noch keine Proteine zur pharmazeutischen Nutzung hergestellt, doch für Nahrungszusatzstoffe wie β -Carotin in der Grünalge *Dunaliella* ist ein Verfahren seit langem etabliert. Die potenziell kostengünstige Produktion rekombinanter Bioprodukte in höheren Pflanzen ist in Deutschland nicht zuletzt deswegen teuer, weil die überwiegende Mehrheit der Schlüsseltechnologien von amerikanischen Universitäten patentiert worden ist, so dass deutsche Firmen für deren Nutzung hohe Lizenzgebühren bezahlen müssen. Auch aus diesem Grund bieten sich Algen als Produktionssystem an, da auf diesem Gebiet bisher nur relativ wenig Schutzrechte existieren.

Die Algenforschung hat in den letzten Jahren gewaltige Fortschritte gemacht. Zwei Genomprojekte zu *Chlamydomonas reinhardtii* wurden in Japan und USA auf den Weg gebracht und sollen noch bis Ende 2002 abgeschlossen werden. In Regensburg wurde von den Autoren die Expression synthetischer Gene in Algen entwickelt, die RNAi-Methodik für Algen eingeführt sowie zahlreiche Marker und Anwendungen für Algen entwickelt und patentiert.

Sofern die medizinisch-therapeutische Nutzung von Grünalgen in Deutschland angemessen gefördert und vorangetrieben wird, dürfte es vermutlich gelingen, diese erfolgversprechende Technologie der kostengünstigen Produktion medizinisch relevanter Proteine auch weiterhin im Inland zu halten.

Literatur zum Thema und Bildnachweis ► Seite 65

Dipl.-Biochem.

Alke Eichler-Stahlberg
geb. 1976 in Dresden,
1991–1995 internationale Schule
in Varese, Italien,
1995–2000 Studium der
Biochemie in Regensburg,
1999 integriertes Auslandsstudium
an der Washington Universität,
St. Louis, USA.
Seit 2001 Wiss. Mitarbeiterin
am Lehrstuhl für Biochemie I
der Universität Regensburg.
Forschungsgebiet:
Produktion von rekombinanten
Proteinen (vor allem Antikörpern)
in Grünalgen.

Dr. rer. nat.

Markus Fuhrmann
geb. 1971 in Schwandorf,
1992–1996 Studium der
Biochemie in Regensburg,
1997–2001 Promotion an der
Universität Regensburg,
Kulturpreis Ostbayern 2001.
Seit 2001 Wiss. Assistent
am Lehrstuhl für Biochemie I
an der Universität Regensburg.
Forschungsgebiet:
Algenbiotechnologie.

Prof. Dr. rer. nat.

Peter Hegemann
geb. 1954 in Münster,
aufgewachsen in Aachen,
1975–1980 Studium der Chemie
in Münster und in München,
1981–1983 Promotion am
Max-Planck-Institut für Biochemie
in Martinsried, 1984–1985 Post
Doc am Physics Department der
University of Syracuse, New York.
1986–1992 Arbeitsgruppenleiter
am Max-Planck-Institut für
Biochemie in Martinsried.
Seit 1993 Professor am Lehrstuhl
für Biochemie I der Universität
Regensburg.
Forschungsgebiete:
Sensorische Photorezeptoren von
Grünalgen, Algenbiotechnologie.

Sie kennen HEXAL-Arzneimittel aus Ihrer Apotheke. Was Sie vielleicht nicht wissen:

Wir sind eine internationale aktive Gruppe mit rund 4.500 Mitarbeitern, einer innovativen Forschung und leistungsfähigen Produktion. In Deutschland gehören wir zu den Top-Ten der Pharmaindustrie.



Praktika, Diplomarbeiten, Direkteinstieg

Wer seinen Berufsweg in einem leistungsstarken, innovativen Pharmaunternehmen starten will, ist bei der HEXAL AG genau richtig. Wir bieten Studenten (m/w) der Fachrichtung Pharmazie, Pharmatechnik, Chemie, Informatik sowie Betriebswirtschaft beste Perspektiven für die Zukunft – und das bei vielfältigen Einstiegsmöglichkeiten.

Im Praktikum (z. B. Abteilung Med.-Wiss., Labor, Zulassung, Controlling, IT etc.) lernen Sie die Funktionsweise eines international operierenden Konzerns kennen, der jährlich einen zweistelligen Prozentsatz vom Umsatz in Forschung und Entwicklung investiert, um bestehende Präparate zu verbessern und Neuentwicklungen durchzuführen.

Gerne sprechen wir mit Ihnen über die Möglichkeit einer Diplomarbeit, mit der Sie den Grundstein für Ihre berufliche Laufbahn legen können.

Oder Sie steigen gleich direkt bei uns ein und lernen in kürzester Zeit unsere Unternehmensphilosophie zu schätzen: „Flache Hierarchien begünstigen kreative Spielräume und Entscheidungsfreiheit der Mitarbeiter.“

Jetzt sind Sie aufgefordert uns zu zeigen, wo Ihre Stärken liegen. Wir freuen uns auf Ihre aussagekräftige Bewerbung.

Weitere Informationen zu Ihren Einstiegsmöglichkeiten und über uns erhalten Sie von Herrn Jürgen Höhne (Tel. 0 80 24/9 08-6 71, e-mail: heidi.karl@hexal.de) oder im Internet: www.hexal.de.



HEXAL AG • Industriestr. 25
83607 Holzkirchen
www.hexal.de



Von den Phononen zu neuen Materialien

Schwingungen der Atome in Kristallen

Kristallstrukturen

Im idealen Kristall befinden sich alle Atome auf festen Plätzen. Im realen Kristall jedoch ist das ganz und gar nicht so: Infolge der thermischen Bewegung zappeln die Atome um Positionen herum, die denen des idealen Kristalls entsprechen. Die theoretische Analyse dieser Zappelbewegung zeigt, dass die Atome kontinuierlich oszillieren, wobei die Amplituden durch die Kristalltemperatur bestimmt sind. Die Schwingungen sind verantwortlich für eine große Zahl von charakteristischen Eigenschaften von Kristallen. Sie können zum Beispiel einen wesentlichen Einfluss darauf haben, ob ein Kristall ein Metall, ein Isolator oder ein Halbleiter ist.

Was ist ein Kristall? Man denkt dabei an Zucker, Salz oder Eis, vielleicht auch an Alau. Gewisse charakteristische Eigenschaften fallen sofort ins Auge: Ein Kristall zeigt ebene Flächen, was auf eine hohe Regelmäßigkeit in der Anordnung der Atome

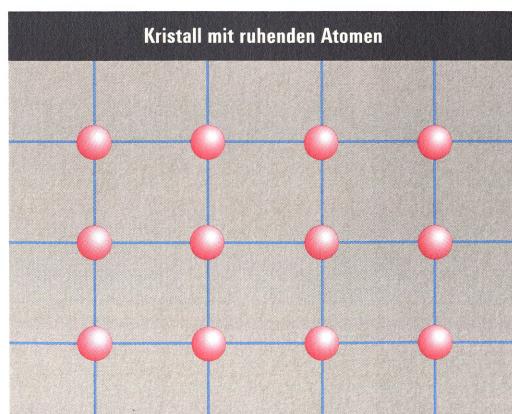
1

Eine Auswahl von fein gefärbten Quarzkristallen (Originalgröße).



2

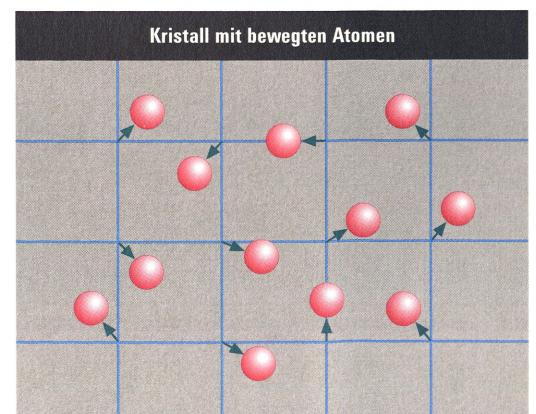
Momentaufnahme eines zweidimensionalen Kristalls.
links:
ideal Kristall;
rechts:
Kristall mit thermisch aus ihrer Gleichgewichtslage ausgelenkten Atomen.



hindeutet. Ein Besuch in einem mineralogischen Museum führt sogleich vor Augen, welch schöne Exemplare, wie z. B. Quarzkristalle, in der Natur zu finden sind 1. Historisch und etymologisch bedeutet das griechische Wort »κρύσταλλος« einfach »Eis«, wozu man auch Quarz zählte, der für eine Art von tiefgekühltem Eis gehalten wurde.

Außer durch seine äußere Erscheinung ist ein Kristall gekennzeichnet durch die innere Anordnung der Atome: Sieht man von der Wärmebewegung ab, so scheint es zunächst, als ob in einem Kristall die Atome vollständig periodisch angeordnet seien. Flüchtig betrachtet könnte man deshalb denken, dass sich alle charakteristischen Eigenschaften eines Kristalls aus der perfekten Periodizität der atomaren Anordnung erklären. Jedoch erlauben es die Gesetze der Physik nicht, dass ein Atom in einem Kristall eine feste Position einnimmt. Könnte man eine Momentaufnahme der Atome in einem Kristall bei Zimmertemperatur machen, würde man sehen, dass jedes Atom etwas verschoben von seinem Platz in einer angenommenen regulären Struktur erscheint 2 und dass diese Verschiebung mit der Temperatur zunimmt. Eine Serie von Schnappschüssen in kleinen Zeitintervallen würde zeigen, dass jedes Atom um eine Gleichgewichtslage herumzappelt. Solche Oszillationen im Kristall, den man sich als ein dreidimensionales Gitter mit regelmäßig auf den Kreuzungspunkten angeordneten Atomen vorstellen kann, werden als Gitterschwingungen bezeichnet.

Selbst wenn man den Kristall auf eine Temperatur nahe dem absoluten Nullpunkt der Temperaturskala abkühlt, hören die Gitterschwingungen nicht auf: Die Atome führen Nullpunktschwingungen aus – eine Folge der Heisenberg'schen Unschärferelation. Das heißt, die Gitterschwingungen sind auf Grund der mikroskopischen Größe der At-



me quantenmechanischer Natur; die charakteristischen Eigenschaften der Kristalle hängen in subtiler Weise von den Gleichgewichtslagen und den Gitterschwingungen ab.

Die Kristallsymmetrie

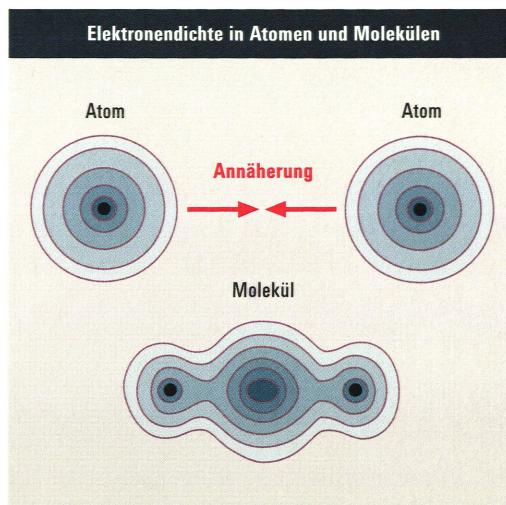
Wir wollen zunächst von der thermischen Bewegung der Atome absehen und den idealen Kristall betrachten: Die Atome bilden ein symmetrisches Muster. Die Periodizität der Anordnung der Atome in diesem Muster und die zusätzlichen Symmetriecharakteristika sind heute für eine große Zahl von Kristallen bekannt; allerdings hat es sehr lange gedauert, bis das Zusammenspiel von Periodizität und Symmetrie erkannt wurde.

In der Frühzeit der Arithmetik war die periodische Wiederholung einfacher Anordnungen von großem Interesse. Der Versuch, die Welt mit Hilfe von Zahlen zu beschreiben, stellte die Grundlage der Naturanschauung der Pythagoräer dar. Deren Ideen, welche die Basis für die euklidische Arithmetik und die Geometrie der platonischen Körper lieferten, wurden über die Jahrhunderte tradiert und weiterentwickelt. Neuen Glanz erhielt die Verbindung der geometrischen Form mit den Zahlen bei der Wiedergeburt der griechischen Mathematik in der Renaissance. Im aufkommenden Rationalismus des 18. Jahrhunderts wurde dann die pythagoräische Sicht als rein mystisch abgetan und verschwand zunächst von der Bildfläche.

Noch im 18. Jahrhundert begann aber auch die Entwicklung, die ein völlig neues Licht auf die alten Fragen werfen sollte: Die Entdeckung der inneren Periodizität der Kristalle durch René Just Haüy (1743–1822) gehörte dazu. Ein halbes Jahrhundert später führte Auguste Bravais (1811–1863) die noch heute gültige allgemeine Theorie der Symmetrie und Periodizität der Kristalle ein. Durch geometrische Überlegungen leitete Bravais alle mit der Kristallperiodizität und den verschiedenen Symmetrieeigenschaften verträglichen Kristallgitter ab. Es gibt genau 14 verschiedene »Bravais-Gitter«. Jedes einzelne Bravais-Gitter liegt einer Vielzahl von verschiedenen Kristallstrukturen zu Grunde. So wird das kubische Bravais-Gitter z. B. realisiert von Kristallen, welche die Diamantstruktur haben. Zu diesen Kristallen gehören Diamant, Silizium und Germanium. Ein Siliziumkristall unterscheidet sich von einem Diamantkristall einerseits durch die verschiedene Atomsorte und andererseits durch die Größe der Abstände zwischen den Nachbaratomen. Im Siliziumkristall haben die Atome, im Vergleich zum Diamantkristall, einen größeren Abstand voneinander. Das liegt daran, dass die Siliziumatome mit mehr Elektronen ausgestattet sind als die Diamantatome und dass deshalb das Siliziumatom einen größeren Durchmesser besitzt als das Kohlenstoffatom.

Das Konzept der Kristallsymmetrie und -periodizität spielt eine entscheidende Rolle beim Verständnis der Charakteristika eines Kristalls. Aus der Kenntnis des Verhaltens eines mikroskopisch kleinen Kristallbereichs können wir mittels theoretischer Überlegungen die elektronischen, thermischen und viele andere Eigenschaften des gesamten Kristalls berechnen.

Elektronendichte in Atomen und Molekülen



3

Dichteveilung der Valenzelektronen in zwei isolierten Atomen und in einem Molekül. Die Dichte nimmt zu den Atomkernen (schwarz) hin und bei vielen Molekülen auch zur Mitte zwischen den Atomen hin.

Die Energie eines idealen Kristalls

Nimmt man an, dass die Atome in einem Kristall vollständig in Ruhe und unabhängig voneinander sind, dann setzt sich die Energie des Kristalls aus der Summe der Energien der einzelnen Atome zusammen. Infolge verschiedener Arten von Wechselwirkungskräften, die sie aufeinander ausüben, sind sie aber ganz und gar nicht unabhängig, was zur Bindung der Atome im Kristall führt. Dies beginnt bereits beim Molekül aus zwei gleichen Atomen 3. Ein Atom besteht aus einem Kern und einer bestimmten Zahl von Elektronen, die sich aus der Stellung des Atoms im Periodensystem der Elemente ergibt. Nähern sich zwei Atome einander an, so deformieren sich die Elektronenhüllen, und es entsteht eine neue Elektronenverteilung: Beide Atome mit den zugehörigen Elektronen ordnen sich so an, dass die Energie des gesamten Systems auf ein Minimum reduziert wird. Bei Molekülen ist es dabei oft so, dass die Dichte der äußeren Elektronen (Valenzelektronen), welche die Bindung vermitteln, zwischen den Atomen höher ist als ursprünglich in der Nähe des einzelnen Atomkerns. In entsprechender Weise arrangieren sich im Kristall Atome und ihre Elektronenhüllen, so dass letzten Endes die Gesamtenergie ein Minimum erreicht. Dabei wird ein Atom im Kristall so deformiert, dass seine Form der Kristallsymmetrie gemäß ist.

Am Anfang des letzten Jahrhunderts, in der elementarsten mikroskopischen Beschreibung eines Kristalls, wurden die Atome als punktförmige Gebilde behandelt, die sich gegenseitig anziehen und abstoßen können. Um die Kräfte zwischen den Atomen zu beschreiben, führte man Modellpotenziale ein und stellte unter Berücksichtigung der Symmetrie und der Periodizität erste Berechnungen der Kristallenergie und der Gitterschwingungen an; Edwin Madelung (1881–1972) und Max Born (1882–1970) waren an diesen Untersuchungen wesentlich beteiligt. Die Modellpotenziale erhielten die Forscher durch die Vorgabe von Kristalleigenschaften, die durch die Theorie eigentlich erst ermittelt werden sollten.

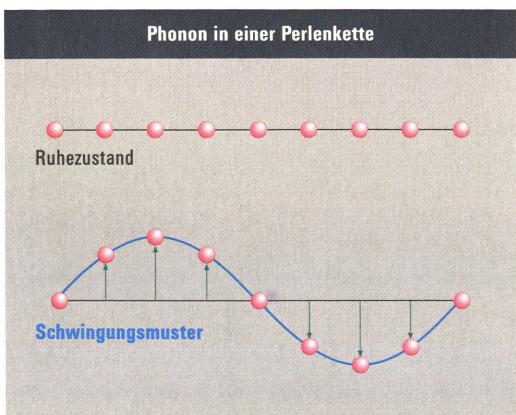
Die klassische Beschreibung eines Kristalls ist schwierig zu vereinbaren mit der Tatsache, dass er aus einer Anordnung ausgedehnter Atome von nichtspärischer Form besteht. In einem realis-

oben:

Perlenkette mit ruhenden Perlen;

unten:

Momentaufnahme eines Schwingungsmusters (Phonons) für die Perlenkette mit oszillierenden Perlen; diese schwingen um ihre Gleichgewichtslagen herum.



tischeren Bild müssen also die Elektronen explizit berücksichtigt werden: Sie tragen bei zur Kristallbindung und bestimmen wesentlich das Potenzial, in welchem sich die Kerne bewegen. Um die Natur der Bindung in einem Kristall zu entschlüsseln und das Potenzial zu bestimmen, ist eine quantenmechanische Rechnung notwendig, bei der die Kerne und die Elektronen durch Anwendung der Gesetze der Quantenmechanik beschrieben werden. Solche Berechnungen gehen aus von den Eigenschaften einzelner Atome. Rein quantenmechanische Rechnungen, oft auch als *ab-initio*-Rechnungen bezeichnet, setzen keine Vorkenntnisse voraus, sondern benutzen lediglich universale Konstanten wie die Masse und die Ladung des Elektrons sowie die Planck'sche Konstante.

Die einzige, allerdings entscheidende Vorgabe ist das Grundgesetz der Elektrizität, das Charles Augustin Coulomb (1736–1806) gefunden hat. Das Coulomb-Gesetz besagt, dass sich zwei punktförmig gedachte elektrische Ladungen mit einer Kraft anziehen, die umgekehrt proportional zu ihrem Abstand abnimmt und proportional ist zum Produkt der beiden Ladungen. Eine positive und eine negative Ladung ziehen sich an. Positive Ladungen stoßen sich ab, ebenso negative Ladungen. Die Coulomb-Kraft wirkt über große Entfernungen. Aus diesem Grunde stehen in einem Kristall sämtliche unterschiedlichen Teile in Wechselwirkung zueinander – im Prinzip alle verschiedenen Teile in einem Kristall gegenseitig miteinander, also Elektronen mit den Kernen, jeder Kern mit den anderen Kernen, jedes Elektron mit den anderen Elektronen. Die Kraft, die auf ein einzelnes Elektron wirkt, hängt deshalb ab von den jeweiligen Aufenthaltsorten aller Kerne und aller anderen Elektronen. Diese »Vielteilchen-Wechselwirkung« macht die Berechnung der Eigenschaften eines Kristalls kompliziert. Die Vierteilchen-Theorie ist heute ein modernes Gebiet, das nicht nur in der Festkörperphysik, sondern auch in der Elementarteilchenphysik und ebenso in der Physik von biologischen Systemen zunehmend an Bedeutung gewinnt.

In den letzten Jahren ist es in der Theoretischen Festkörperphysik gelungen, die Vierteilchen-Effekte in hohem Maße in den Griff zu bekommen. Heute können wir mit *ab-initio*-Methoden in der theoretischen Festkörperphysik sehr viele Eigenschaften von Kristallen berechnen, u.a. die Struktur eines Kristalls, die Elektronenverteilung, elektro-

nische Eigenschaften, Schwingungseigenschaften, die Härte etc. Die Theorie ist sehr zuverlässig hinsichtlich der Vorhersage von grundsätzlichen Eigenschaften und erzielt einen hohen Grad an Genauigkeit bei der Bestimmung der einzelnen Größen.

Unter den Methoden, die in den letzten Jahren entwickelt wurden, ist die Dichtefunktionaltheorie eine der erfolgreichsten. In dieser Theorie wird die Rolle der Elektronendichte explizit berücksichtigt; sie erlaubt es, Eigenschaften von Kristallen theoretisch vorherzusagen. Damit haben die Festkörpertheoretiker erreicht, dass sie eigenständige theoretische Untersuchungen unabhängig von Experimenten durchführen können, deren Ergebnisse man dann wieder mit experimentellen Daten vergleichen kann. Die Methode der Dichtefunktionaltheorie erfordert allerdings, wie auch andere Methoden dieser Art, einen sehr hohen Rechenaufwand. Natürlich ist dies verbunden mit dem Bedarf an immer leistungsstärkeren Computern, womit die theoretischen Physiker wesentlich zur Computerentwicklung beitragen.

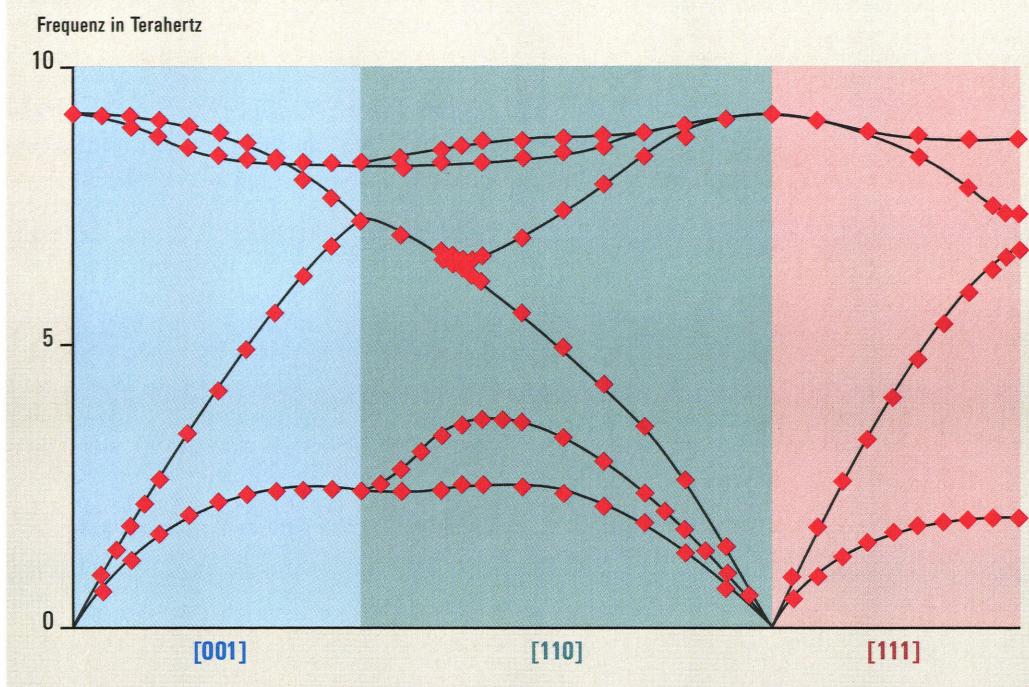
Die Energie eines Kristalls mit oszillierenden Atomen

Die Energie eines Kristalls mit oszillierenden Atomen ist die Summe von zwei Anteilen: der statischen Energie des idealen Kristalls und der Energie, die mit den Gitterschwingungen verbunden ist. Die statische Energie kann berechnet werden mit Hilfe von Standardverfahren, z.B. mittels der Dichtefunktionaltheorie. Der ideale Kristall, das heißt der Kristall mit der perfekten Symmetrie, erlaubt eine einfache theoretische Behandlung. Eine ähnliche Vereinfachung ist für einen Kristall mit oszillierenden Atomen nicht möglich.

Bei einer Theorie der Gitterschwingungen geht man zunächst davon aus, dass die thermischen Auslenkungen der Atome aus der Ideallage klein sind im Vergleich zu interatomaren Abständen. In diesem Fall sind die scheinbar ungeordneten Oszillationen der Atome zerlegbar in Kombinationen von einfachen Schwingungen. Diese werden auch als Phononmoden oder einfach Phononen bezeichnet. Ein Phonon ist eine über den ganzen Kristall ausgebreitete Gitterschwingung, das heißt, alle Atome sind daran beteiligt. Die Gesamtheit der Phononen eines Kristalls stellt die verschiedenen Möglichkeiten der Gitterschwingungen dar.

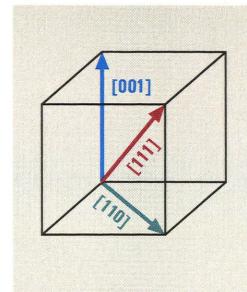
Es ist schwierig, sich ein Phonon vorzustellen, weil unser Gehirn sich mit komplexen dreidimensionalen Objekten schwer tut. Hier soll ein Phonon in einer eindimensionalen Sicht veranschaulicht werden. Wir betrachten eine lineare Kette aus Perlen, die über elastische Federn miteinander verbunden sind 4. Ein Phonon entspricht in diesem sehr einfachen System einem wellenartigen Verschiebungsmuster der Perlen. Das Schwingungsbild eines Phonons bestimmt die Wellenlänge und die zugehörige Frequenz.

In einem Kristall entstehen komplizierte Phononmuster. Man kann aber den Zusammenhang zwischen der Wellenlänge und der Frequenz der Phononen angeben, der als Phonondispersion bezeichnet wird. In einem dreidimensionalen Kristall



5

Phonondispersionskurven für den Germaniumkristall: Frequenzen für die Schwingungsmuster in verschiedenen Kristallrichtungen; die Linien sind Ergebnisse einer Berechnung, während die Punkte experimentelle Werte darstellen. Die Frequenzen sind in THz angegeben (1 THz = 1 Terahertz = 10^{12} Hertz). unten: Würfelmödell. Die Pfeile geben drei von unzähligen Kristallrichtungen an.



gibt es nun eine äußerst große Zahl von wellenartigen Verschiebungsmustern der Atome. Bereits für eine einzelne Richtung im Kristall existieren verschiedene Muster.

Die Phonondispersion ist zwar sehr komplex, liefert aber eine Vielzahl von Informationen über die mikroskopische Bewegung der Atome. Ihre Bestimmung erfolgte in den letzten Jahren sowohl theoretisch als auch mit experimentellen Techniken, insbesondere mit Methoden der Streuung langsamer Neutronen, die mit einem Reaktor erzeugt werden, oder mit solchen der Röntgenbeugung.

Um in der Theorie eine Information über ein Phonon zu erhalten, wird die Energie des idealen Kristalls verglichen mit der eines Kristalls, in dem ein einzelnes Phonon vorhanden ist; dabei wird die Form des entsprechenden Schwingungsmusters durch Symmetrievergleichungen unter Berücksichtigung der Kristallperiodizität ermittelt. Aus der Betrachtung der Energiedifferenz erhält man die Frequenz des Phonons. Eine (vom Autor dieses Artikels eingeführte) *ab-initio*-Methode erlaubt eine sehr genaue Bestimmung der Phononfrequenzen für verschiedene Wellenlängen, d.h. für verschiedene Schwingungsmuster. Das Verfahren kann für zahlreiche Kristalle angewandt werden.

Die Phonondispersion ist sozusagen der Fingerabdruck eines Kristalls; ein Beispiel soll dies veranschaulichen. Für Germanium 5 gibt es für jede Kristallrichtung einen Satz von vier oder sechs Dispersionkurven, das heißt, dass für eine bestimmte Wellenlänge vier bzw. sechs verschiedene Frequenzen und entsprechend viele Schwingungsmuster vorhanden sind. Jede Kristallrichtung wird durch ein Zahlentripel gekennzeichnet. Dabei gibt es unendlich viele Zahlentripel und entsprechende Richtungen. Drei Richtungen, die im Germaniumkristall durch hohe Symmetrie ausgezeichnet sind, zeigt das Würfelmödell. Auch in anderen als den

drei mit Pfeilen gekennzeichneten Richtungen gibt es Dispersionskurven; diese verlaufen anders als in den drei Hauptsymmetrierrichtungen. Die überaus hohe Übereinstimmung der theoretischen, durch die *ab-initio*-Methode ermittelten Kurven (Linien) mit den experimentellen Daten (Punkte) demonstriert die Leistungsfähigkeit von Theorie und Experiment.

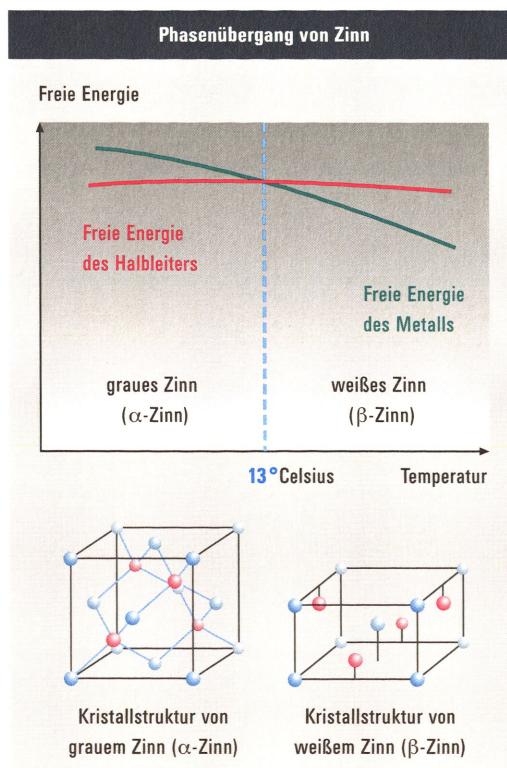
Bei der Untersuchung der Phonondispersion für verschiedene Kristalle fällt eines auf: Das Verhalten einer Atomsorte in einem Kristall ist jeweils abhängig vom Zusammenspiel mit anderen Atomsorten. So verhalten sich Siliziumatome im Siliziumkristall deutlich anders als in einem Quarzkristall, der aus Silizium- und Sauerstoffatomen besteht; entsprechend ist auch die Phonondispersion für die beiden Kristalle völlig unterschiedlich.

Trotz des unterschiedlichen Verhaltens der Atome in verschiedenen Umgebungen zeigt sich, dass jede Atomsorte eine Art innere Kennung besitzt. Deren theoretische Beschreibung ist die Grundlage für die *ab-initio*-Theorie der Phonondispersion. Die Kennung ist darauf zurückzuführen, dass die chemische Bindung in Kristallen nicht allein bestimmt wird von den Valenzelektronen, also den äußeren Elektronen in den Atomen, sondern dass auch die inneren Elektronen der Atome eine wesentliche Rolle spielen. Um die Kennung eines Atoms theoretisch zu verstehen, müssen deshalb die elementaren elektronischen Eigenschaften eines Atoms, das selbst ein Vielteilchensystem darstellt, »*ab initio*« erfasst werden.

Bedeutung der Gitterschwingungen

Gitterschwingungen spielen eine fundamentale Rolle für das Verständnis vieler physikalischer Eigenschaften von Kristallen. Als Beispiel seien die elastischen Konstanten eines Kristalls erwähnt. Sie können experimentell bestimmt werden durch

Energie des Zinnkristalls in der Halbleiter- bzw. Metallphase; die Kristallstruktur in den beiden Phasen ist sehr unterschiedlich. Der Phasenübergang erfolgt bei 13 °Celsius.



die Messung der Verformung bei Anwendung von äußerem Druck bzw. einer Scherung. Sie können aber auch theoretisch direkt aus der Phonondispersion berechnet werden. Für sehr viele Kristalle wurden die elastischen Konstanten bestimmt, dabei besteht eine hervorragende Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment. Mit Hilfe einer Kombination von elastischen Konstanten kann die Härte eines Kristalls definiert und durch eine Zahl charakterisiert werden. So hat Diamant als härtester aller Kristalle auch die größte Härtezahl. Der quantitativen Angabe der Härte für jeden Kristall steht eine eher qualitative Angabe entgegen, mit einer Definition, die aus der Mineralogie stammt. Danach ist die Härte der Widerstand einer Substanz gegenüber dem Kratzen mit einer anderen Substanz; je größer die Härte, desto größer der Widerstand gegenüber einer solchen Deformation. Es existieren viele weitere Zusammenhänge von Kristalleigenschaften mit der Phonondispersion.

Geht man noch einen Schritt weiter und lässt die Phononen miteinander in Wechselwirkung treten, wie es tatsächlich in Kristallen der Fall ist, so können weitere wichtige Eigenschaften bestimmt werden. Als Beispiel sei die Änderung des Volumens bei einer Temperaturänderung genannt. Im Allgemeinen dehnt sich ein Kristall aus, wenn die Temperatur erhöht wird. Diese Ausdehnung ist eine direkte Folge der Wechselwirkung der Gitterschwingungen. Zu höherer Temperatur hin nehmen in einem Kristall die Amplituden der Gitterschwingungen zu. Dies hat zur Folge, dass eine Art innerer Druck entsteht, der die Atome zwingt, sich auszudehnen.

Es gibt aber auch Kristalle mit eigenartigem Verhalten, dazu gehören Silizium und ähnliche Halbleiter. Diese zeigen zu tiefer Temperatur hin nicht die zunächst erwartete Abnahme, sondern eine Zunahme des Volumens. Dieser Effekt ist

überhaupt nicht mit der gegenseitigen Wechselwirkung der Gitterschwingungen zu erklären und ist allein zurückzuführen auf die Änderung der chemischen Bindung, verbunden mit einer Umverteilung der Elektronenladungen. Die Theorie zeigt, dass die Phonondispersion in diesem Fall einen direkten Einfluss auf die Verteilung der Elektronen und damit der chemischen Bindung hat.

Die Untersuchung der Gitterschwingungen liefert, last but not least, ein Verständnis für bestimmte Phasenübergänge. Nicht dazu gehören die bekannten Beispiele von Phasenübergängen zwischen Festkörper und Flüssigkeit und zwischen Flüssigkeit und Gas. In diesen Fällen haben wir jeweils einen anderen Aggregatzustand, wobei die atomare Struktur selbst sich wesentlich verändert: Aus nichtsphärischen Atomen im Kristall und in der Flüssigkeit werden sphärische Atome in der Gasphase. Aber auch innerhalb eines Aggregatzustandes kann ein Kristall einen Phasenübergang zeigen. Läßt man die Temperatur ansteigen, ändert sich an einem bestimmten Punkt die Struktur des Kristalls und gleichzeitig auch die Symmetrie. Der Kristall erfährt einen solchen Phasenübergang, wenn es für ihn günstig ist, das heißt, wenn eine bestimmte Form der Energie (die freie Energie) in der neuen Phase niedriger ist als in der ursprünglichen. Ein schönes Beispiel dafür ist der Übergang von grauem zu weißem Zinn 6: Beim Aufwärmen geht graues Zinn (α -Sn), das ein Halbleiter ist, über in ein Metall (β -Sn). Die Kurven zeigen, dass die freie Energie unterhalb von 13 °Celsius für den Halbleiter kleiner ist und oberhalb für das Metall.

Beim Phasenübergang ändert sich die Kristallstruktur ganz wesentlich. Graues Zinn besitzt Diamantstruktur (wie Diamant, Silizium, Germanium). Bei dieser Struktur befinden sich Atome auf den Würfecken, weiterhin in der Mitte jeder Würfeloberfläche, und schließlich finden sich noch zwei Atome auf ganz bestimmten Plätzen im Inneren des Würfels. Einen Kristall kann man sich aufgebaut vorstellen als eine durch periodische Translationen des Würfels entlang allen Würfekanten entstandene regelmäßige Atomanordnung. Die Kristallstruktur des weißen Zinns ist dagegen nichtkubisch, wobei die Atome im weißen Zinn viel lockerer gebunden sind als im grauen Zinn.

Das graue Zinn verfügt über einen hohen Grad an Härte und Elastizität. Ganz anders das weiße Zinn: Es ist sehr geschmeidig, das heißt, es kann zu dünnen Plättchen gehämmert werden, und es ist duktil, man kann es zu dünnen Drähten ziehen. Wird ein Kristallbarren aus weißem Zinn gebogen, hört man einen deutlichen 'Zinnschrei'. Kühlt man das metallische Zinn unter 13 °Celsius ab, so entsteht das halbleitende Zinn, die Farbe ändert sich von weiß zu grau – deshalb auch der Name. Bei dieser Umwandlung zerbröckelt das Material zu Pulver. Dies ist die berühmte 'Zinnpest', vor der selbst Napoleon nicht gefeit war. Während seines Marsches auf Moskau, im strengen Winter 1812, litten seine armen Soldaten darunter: Die Knöpfe der Soldatenjacken waren aus weißem Zinn hergestellt – sie zerkrümelten beim Marsch durch die

Kälte. Die Zinnpest ist eine Folge der sehr unterschiedlichen chemischen Bindung in den beiden Kristallformen. Der Phasenübergang ist mit einer drastischen Volumenänderung verbunden.

Perspektiven

Ein großer Traum der Menschen ist – neben der freien Handhabung der in der Natur vorkommenden Rohstoffe – die Schaffung neuer, funktioneller Materialien. Diese kann erreicht werden durch die künstliche Variation der Atomzusammensetzung und der Atomanordnung.

Gegenwärtig werden Computer rasant leistungsfähiger und ermöglichen in immer größerem Maße das Entwerfen von maßgeschneiderten Materialien mit Hilfe der Methoden der theoretischen Festkörperphysik. In den nächsten Jahrzehnten, so erwartet man, wird insbesondere ein großer Bedarf

entstehen für solche Materialien, die aus mikroskopisch kleinen Kristallchen (Nanokristallen) mit Abmessungen im Nanometerbereich bestehen (ein Nanometer ist ein Milliardstel Meter). Dabei wird immer deutlicher, wie wichtig das Verständnis der elektronischen und insbesondere der gitterdynamischen Eigenschaften ist.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Phononen viele Eigenschaften eines Kristalls bestimmen. Im Zusammenspiel von Theorie und Experiment kann die Kenntnis der Eigenschaften der Phononen wesentlich beitragen zur Entwicklung von maßgeschneiderten Materialien.

Literatur zum Thema und Bildnachweis ► Seite 65

PD Dr. phil.

Pasquale Pavone

geb. 1964 in Messina, Italien,

Studium der Physik an der

Università degli Studi in Messina.

1987 Diplom. 1991 Doctor Philosophiae in Festkörperphysik an der

International School for Advanced

Studies in Triest, Italien.

1991–1996 Post-Doc am Institut

für Theoretische Physik an der

Universität Regensburg. 1996

Gastwissenschaftler am Centre

Européen de Calcul Atomique et

Moléculaire in Lyon, Frankreich.

Seit 1997 Wiss. Assistant am

Institut für Theoretische Physik

in Regensburg.

2002 Habilitation im Fach Physik.

Forschungsgebiete:

Theoretische Festkörperphysik;

Elektronische Struktur von

Festkörpern; Gitterdynamik von

Kristallen und Oberflächen;

Anharmonizitäten in Kristallen.



The graphic design features a dark blue background with a white question mark icon in the upper left. Below it, the text 'Kommunikation visuell' is in a light blue sans-serif font. To the right, 'Konzeption & Gestaltung' is written in a large, flowing red and white script font. Below that, 'Irmgard Voigt' is in a white sans-serif font. At the bottom, 'Grafik-Design' is in a blue sans-serif font. The bottom right corner contains the word 'VOIGT' in a red sans-serif font. The bottom left corner has the email 'irm.voigt@t-online.de' and the address 'München • Zentnerstraße 18 80798'.

Der Kongress tanzt – nicht hier

Der Reichsdeputationshauptschluss zu Regensburg im Jahre 1803 als Wendepunkt der europäischen Geschichte

Verfassungsgeschichte

»Sie kommen zur rechten Zeit, um große Dinge zu sehen. Europa ist in Wien. Das Gewebe der Politik ist ganz mit Festlichkeiten durchsponnen. In Ihrem Alter liebt man die fröhlichen Zusammenkünfte, die Bälle, die Vergnügungen, und ich stehe Ihnen dafür ein, daß Sie hier nicht viel Muße haben werden: Denn der Kongress schreitet nicht voran, sondern er tanzt.« Mit diesen Worten begrüßte im Jahre 1814 der österreichische Feldmarschall Fürst von Ligne einen seiner aus Frankreich angereisten Gäste in Wien.

»Le congrès danse et ne marche pas«, gemeint ist der Wiener Kongress 1814–15, wurde zum geflügelten Wort. Die Redeweise »Der Kongress tanzt« hat zu Romanen und zu Filmen angeregt, aber das berühmte Zitat verdeckt, dass es damals um eine grundlegende Neuordnung Europas ging. Das Ancien Régime war untergegangen, eine Neuordnung der europäischen Staatenwelt und der bürgerlichen Gesellschaft sollte gefunden werden. Was aber hat nun der tanzende Kongress zu Wien

mit Regensburg zu tun? Die Antwort ist einfach: Die Wiener Kongressakte von 1815 **1**, die eine Wiederherstellung des europäischen Gleichgewichts der fünf Großmächte Frankreich, Großbritannien, Russland, Österreich und Preußen schuf und die mit der Begründung des Deutschen Bundes eine Neuordnung Deutschlands brachte, ist ohne den vorausgehenden Akt, der sich zwölf Jahre zuvor in Regensburg abgespielt hatte, nicht denkbar.

Auch in Regensburg war Europa präsent, freilich agierten die Vertreter der Großmächte in den Jahren 1802 und 1803 hier nicht auf glänzenden Festen, wie sie das in glücklicheren Jahren auch in der alten Reichsstadt getan hatten, vielmehr standen zähe, geheime und undurchsichtige Verhandlungen im Vordergrund. Schon die amtliche Bezeichnung des Regensburger Rechtsaktes von 1803 als »Reichsdeputationshauptschluss« lässt ahnen, dass der Rahmen der Verhandlungen, die zu dem Beschluss führten, nicht durch rauschende Bälle aufgehellt wurde, sondern dass hier das politische Geschäft um die Verteilung der Macht im Verborgenen betrieben wurde. Das Ergebnis dieser Bemühungen

1

Der Kongress zu Wien im Jahre 1815, nicht beim Tanz, sondern bei der Arbeit.
Kolorierter Kupferstich von J. Zutz, Wien, um 1815.



stellt gleichwohl den Beginn eines grundlegenden historischen Wandlungsprozesses von Europa und von Deutschland dar, der dann Jahre später auf dem Wiener Kongress seinen Abschluss fand.

Regensburg war damals neben Wien als Residenzstadt des Kaisers und Wetzlar als Sitz des Reichskammergerichts der dritte Zentralort des Heiligen Römischen Reiches. Hier war seit 1663 der Sitz des Immerwährenden Reichstages, wo die Reichsstände, also die Kurfürsten, die weltlichen und geistlichen Reichsfürsten sowie die Reichsstädte, in Zusammenarbeit mit dem Kaiser an der Gestaltung der Reichspolitik und der Reichsgesetzgebung mitwirkten. Freilich erschienen die Reichsstände nur sehr selten in eigener Person in Regensburg, sondern wurden in der Regel durch Gesandte vertreten, während der Kaiser durch den Prinzipalkommissar repräsentiert wurde. Die Bedeutung dieses Reichstages wird von der heutigen Forschung deutlich positiver bewertet, als dies in der älteren historischen Literatur geschehen ist. Dass der Regensburger Reichstag damals von den europäischen Staaten als sehr wichtig eingeschätzt wurde, zeigen nicht zuletzt die vielen Gesandtschaften, die in der Donaustadt auch von solchen Staaten unterhalten wurden, die keinen Sitz im Reichstag hatten, die aber über das politische Geschehen hier in der Mitte Europas informiert sein wollten.

Am 25. Februar 1803 verabschiedete ein Ausschuss des Reichstages, eine so genannte Reichsdeputation, nach langen Verhandlungen einen Beschluss, der die Bedingungen der vorangegangenen internationalen Friedensverträge in Reichsrecht umsetzen sollte. Dieser Reichsdeputationshauptschluss wurde ohne Gegenstimmen am 24. März 1803 vom Reichstag verabschiedet und am 27. April 1803 vom Kaiser ratifiziert ². Damit wurde der Reichsdeputationshauptschluss zu einem Reichsgesetz, genauer zu einem Grundgesetz des Heiligen Römischen Reiches, das in seinem Verfassungsrang mit der Goldenen Bulle von 1356 oder dem Westfälischen Friedensvertrag von 1648 vergleichbar ist. Allerdings bewirkte dieses Grundgesetz – entgegen den verbalen Zusagen – nicht die Stabilisierung und Modernisierung des Alten Reiches, vielmehr führte es in Wirklichkeit schon bald zu dessen Untergang.

Die europäische Lage an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert

Ausgangspunkt der gesamten Entwicklung sind die Vorgänge im revolutionären Frankreich. In den Nachbarstaaten und insbesondere im Alten Reich verfolgte man die dortigen Ereignisse seit 1789 mit großer Sorge. Man fürchtete ein Überspringen revolutionärer Ideen, mehr aber noch das Hegemoniestreben Frankreichs, das sich berufen fühlte, die Nachbarstaaten von den als überholt geltenden Herrschaftsformen des Absolutismus und des Feudalismus zu befreien. Als Vorbereitung für eine dominante Stellung in Europa propagierte die französische Politik vorerst die Schaffung von »natürlichen« Grenzen für Frankreich. Mit den natürlichen Grenzen waren Alpen, Pyrenäen und Rhein gemeint.

Der
Deputations-Recess
 mit
 historischen, geographischen und statistischen
Erläuterungen
 und einer
Vergleichungs-Tafel
 von
Adam Christian Gaspari.

Grundgesetze lösen sich auf der festesten Staaten,
 Und es löst der Besitz sich los vom alten
 Besitzer,
 Freund sich los von Freund; so löst sich Liebe
 von Liebe.

G O T H E.

Erster Theil.

Hamburg,
 b e y F r i e d r i c h P e r t h e s .
 1 8 0 3 .

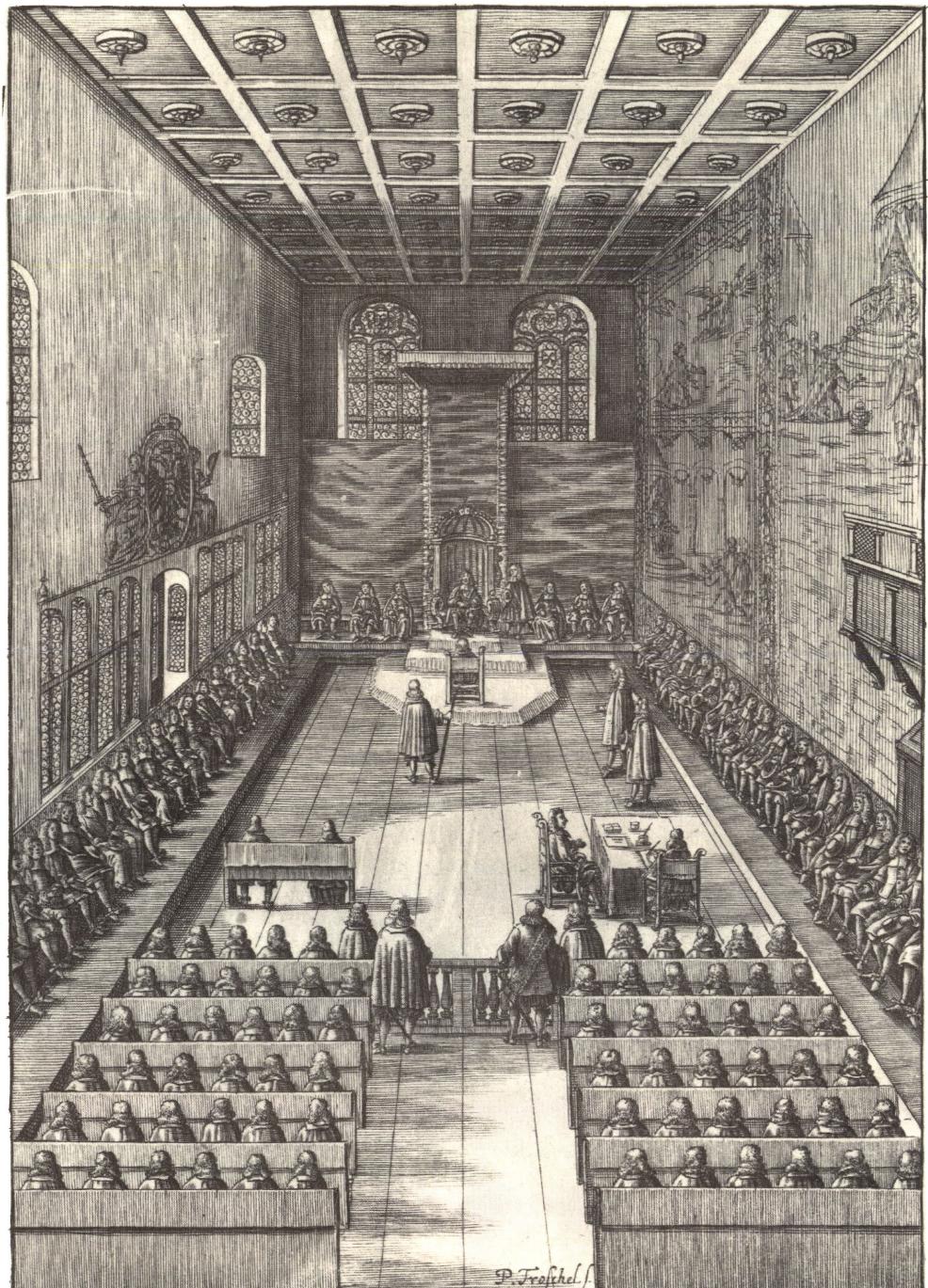
In den deswegen mit Frankreich geführten Kriegen wurde das Reich durch wechselnde Koalitionen der europäischen Mächte gestützt: Im Ersten Koalitionskrieg (1792–1797) waren zunächst nur Preußen und Österreich bereit, gegen Frankreich ins Feld zu ziehen. Im Reichstag fand sich für diesen als Eroberungskrieg – zum Schutz des Prinzips der Legitimität und der Bewahrung der französischen Monarchie – angelegten Feldzug anfangs keine Mehrheit, die bereit gewesen wäre, einen Reichskrieg mitzutragen. Erst die Besetzung der rheinischen Fürstentümer durch die revolutionären Heere, die Mainzer Revolution und die Hinrichtung des französischen Königs Ludwig XVI. führten zu einem Gesinnungsumschwung. Der Reichstag beschloss am 22. März 1793, dass

2

Titelblatt einer frühen Edition des Textes des Reichsdeputationshauptschlusses von 1803 (mit Erläuterungen zur Vorgeschichte), von Adam Christian Gaspari, 2 Bände, Hamburg 1803. Der Text des umfangreichen Gesetzes in Band 2 umfasst die Seiten 1 bis 347.

P. 1747.

*Abriß der Solennität, wie es auff Reichs Tagen bey
Ablesung der Kaiserlichen Proposition gehalten wird*



3

Sitzung des Reichstags:
Die strenge Sitzordnung galt vom
17. bis zum 19. Jahrhundert.

Kupferstich von Peter Troschel, 1675.

der »von Frankreich dem deutschen Reich abgenötigte Krieg zur Behauptung der Ehre, zum Schutz und zur künftigen Sicherheit der Rechte und Grenzen und zur Erreichung der gebührenden vollständigen Genugtuung als ein allgemeiner Reichskrieg zu achten sei«. Der Feldzug der Alliierten endete jedoch nach anfänglichen Erfolgen mit schweren Niederlagen. 1795 schied Preußen aus der Koalition aus und schloss mit Frankreich zu Basel am 5. April 1795 einen Separatfrieden. Preußen brach damit nicht nur den Koalitionsvertrag, es verletzte mit den Abmachungen auch das geltende Reichsrecht und setzte die Einheit

des Reiches aufs Spiel, zumal schon bald auch Hessen-Kassel einen Neutralitätsvertrag mit dem »Reichsfeind« Frankreich abschloss. Das Reich gab sich aber noch nicht geschlagen, vielmehr entschloss sich der Kaiser, den Krieg – nach Abschluss der Tripelallianz zwischen Österreich, England und Russland – fortzusetzen. Auch jetzt blieb aber der Erfolg aus, so dass sich Österreich am 17. Oktober 1797 zu Campo Formio zu einem separaten Friedensschluss gezwungen sah. Der folgende Rastatter Kongress sollte der Vorbereitung eines Friedens auch mit dem Reich dienen, scheiterte allerdings im April 1799.

So wurde der Reichskrieg mit Frankreich fortgesetzt. In diesen Zweiten Koalitionskrieg (1799–1801) griffen nun auch russische Regimenter ein. Preußen aber blieb – trotz seiner Verpflichtung als Reichsstand – neutral. Der sehr verlustreiche verlaufende Krieg endete mit Siegen Napoleons in den Schlachten von Marengo und Hohenlinden. Im Friedensvertrag, der am 9. Februar 1801 zu Lunéville geschlossen wurde, wurde bestätigt, was sich bereits in den vorangegangenen Friedensschlüssen von Basel (1795) und Campo Formio (1797) abgezeichnet hatte: Die linksrheinischen Territorien des Reiches wurden an Frankreich abgetreten. Auch die Österreichischen Niederlande wurden der Französischen Republik einverleibt. Österreich tauschte Belgien und Mailand gegen Venedig ein, verlor den Breisgau und das Erbfolgerecht für die Toskana, erhielt dafür aber Istrien und Dalmatien. Savoyen und Nizza fielen an Frankreich. Gleichzeitig entstand ein System von französischen Satellitenstaaten wie die Cisalpinische, die Ligurische, die Etrurische, die Römische und die Parthenopäische Republik in Italien, die Batavische Republik in den nördlichen Niederlanden sowie die Helvetische Republik in der Schweiz.

Die sorgfältig gehütete politische Machtbalance in Europa wurde in Folge dieser territorialen Veränderungen zu Gunsten einer napoleonischen Vorherrschaft auf dem Kontinent erheblich verändert. Sowohl Russland wie England sahen sich ernstlich bedroht. England, das am Zweiten Koalitionskrieg gegen Napoleon beteiligt war, hatte sich am 25. März 1802 im Frieden von Amiens und in den Abmachungen von den Haag zusichern lassen, dass im Wesentlichen der bei Kriegsausbruch bestehende Status Europas wiederhergestellt werden sollte: Die Engländer verpflichteten sich zur Räumung Maltas, Frankreich dagegen sagte zu, sich aus Holland zurückzuziehen und die Unabhängigkeit der Schweiz zu gewährleisten. Doch dieser Frieden hatte keinen Bestand: Schon im Februar 1803 – also zur gleichen Zeit, als in Regensburg der Reichsdeputationshauptschluss zustande kam – war Napoleon fest entschlossen, den für seine Europäpläne ungünstigen Vertrag von Amiens nicht einzuhalten. Schon bald brach der französisch-britische Krieg aus, in dem England versuchte, seine Vorherrschaft zur See und seine Auffassung von einem weltweite Geltung beanspruchenden Seerecht durchzusetzen, während es Napoleon um die Landherrschaft in Europa ging. Die Freiheit der europäischen Staaten und das politische Gleichgewicht der kontinentalen Staatenwelt waren nun auf das Äußerste bedroht.

Der Friede von Lunéville von 1801 und das Heilige Römische Reich

Der am 9. Februar 1801 zu Lunéville zwischen Österreich und Frankreich abgeschlossene Vertrag leitete den Prozess der Veränderung der staatsrechtlich-politischen Landkarte Europas ein. In Paris wurde der Vertrag verständlicherweise mit Freude, in Wien dagegen mit sehr gemischten Gefühlen zur Kenntnis genommen. Was bedeutete dieser Friedensschluss für das Heilige Römische Reich? Da das Reich zwar im Friedenstext als Vertrags-

partner aufgeführt ist, am Verhandlungstisch als Gegenspieler Frankreichs jedoch nur der Vertreter des Kaisers anwesend gewesen war, musste der Reichstag zu Regensburg **3** zunächst diesem Frieden seine Zustimmung geben. Der Vertrag wurde von allen Reichsständen – also auch von den geistlichen Kurfürsten und Fürsten – einstimmig und unbedingt angenommen. Am 9. März 1801 ratifizierte der Kaiser diesen Beschluss, der in der Sprache des Reichstages als »Reichsgutachten« bezeichnet wurde. Den Regensburger Reichstagsgesandten ist sicher aufgefallen, dass in der französischen Fassung der Vertragsurkunde nur vom »Deutschen Reich« (Empire Germanique) die Rede war, dass also die verfassungsrechtlich so bedeutenden Begriffe »Heilig« und »Römisch« nicht verwendet wurden. War dies nicht schon ein Hinweis auf das künftige Schicksal des Heiligen Römischen Reiches?

Mit dem kurz darauf vollzogenen Austausch der Ratifikationsurkunden wurde der Friedensvertrag für das Reich als völkerrechtlicher Vertrag und zugleich als Reichsgrundgesetz verbindlich. Damit hatte das Reich insbesondere seine Territorien links des Rheins, also die Kurfürstentümer von Köln, Trier und Mainz, eingebüßt. Die österreichischen Stammlande am Oberrhein mussten weitgehend aufgegeben werden, die Herrschaft Habsburgs wurde auf diese Weise ganz nach Osten abgedrängt. Die Bestimmungen des Friedensvertrages sahen für jene weltlichen Fürsten, die auf diese Weise Gebietsverluste erlitten hatten, Entschädigungen vor. Wie diese Entschädigungen aussehen sollten und wer sie zu leisten hatte, wurde allerdings im Friedensvertrag nicht festgelegt, obgleich man im vorausgehenden Vertrag von Rastatt bereits angedeutet hatte, dass die Mittel hierfür aus der Säkularisation geistlicher Güter gewonnen werden könnten. Das Reich sollte diese schwierige Aufgabe selbst bewältigen: In Artikel 7 heißt es, dass »das Reich verpflichtet sein soll, jenen Erbfürsten, die von ihren Besitzungen auf dem linken Rhein-Ufer entsetzt werden, eine Entschädigung zu geben, welche in dem gedachten deutschen Reiche selbst genommen werden«.

Die Stimmung im Reich war gespalten. Einerseits herrschte Freude über den endlich erreichten Frieden und über die Aussicht, dass die französischen Truppen das Land bald verlassen würden. Andererseits stand man vor der schwierigen Aufgabe, die Bestimmungen des Artikel 7 rechtlich und politisch umzusetzen. Wer den Entschädigungsplan und somit in Ergänzung des Friedensvertrages von Lunéville den Entwurf für ein zweites Reichsgrundgesetz ausarbeiten sollte, blieb lange unklar. Der Kaiser verhielt sich in dieser Frage sehr zögerlich und ließ nach außen nicht erkennen, welche Lösung er bevorzugte. Bezeichnend ist eine Instruktion, die der neu ernannte kurböhmische Reichstagsgesandte Graf von Colloredo aus Wien erhielt: Österreich wolle zwar alles zur Erhaltung der Reichsverfassung tun, könne aber allein gestellt »das sinkende Gebäude« nicht unterstützen, sondern müsse auch auf die eigene Erhaltung bedacht sein. Ein Wiener Kommissionsdekret vom 3. März 1801 erbat vom Reichstag ein Reichsgutachten über

die Frage, wie die Reichsstände an dem Entschädigungsplan zu beteiligen seien. Die darüber geführten Verhandlungen zogen sich sehr in die Länge, was in Wien sicher begrüßt wurde. Am 2. Oktober konnte endlich das Reichsgutachten verabschiedet werden, in dem der Entwurf für die Regelung der Entschädigungsfrage einer außeroberordentlichen Reichsdeputation übertragen wurde. Mitglieder dieses Ausschusses sollten die Vertreter der Kurfürsten von Mainz, Böhmen, Sachsen und Brandenburg sowie die Gesandten der Reichsfürsten von Bayern, Württemberg, Hessen-Kassel und des Hoch- und Deutschmeisters sein. Als Vertreter des Kaisers gehörte der Reichsfreiherr von Hügel der Deputation an, der zugleich wegen seines hohen Ranges als kaiserlicher Konkommissar am Reichstag den Vorsitz übernahm. Auffallend war, dass entgegen früherem Brauch weder die Reichsstädte noch die Reichsgrafen vertreten waren. Dies ließ vermuten, dass auch ihre Existenz auf dem Spiele stand.

4

Der bayerische Löwe verdrängt den Reichsadler von seinem Podest. Ein staatlicher Aufhebungs-kommissar überwacht die Ablieferung des Geldes: Karikatur auf die Säkularisation der Klöster durch den bayerischen Staat. Aquarell eines unbekannten Künstlers, um 1803.

reits weitgehend ausgehandelt. Schauplätze dieser Verhandlungen waren Paris, Berlin, Wien, Sankt Petersburg und natürlich auch Regensburg. Stets ging es im Kern um die Frage, ob die drei geistlichen Kurfürstentümer von Köln, Trier und Mainz erhalten bleiben sollten. Als dann am 3. Juni 1802 Frankreich und Russland den von ihnen ausgearbeiteten Entschädigungsplan veröffentlichten, der u. a. die vollständige Säkularisierung aller geistlichen Kurfürsten- und Fürstentümer mit Ausnahme von Mainz und die Schaffung von drei neuen Kurfürstentümern Württemberg, Baden und Hessen-Kassel vorsah, war das Entsetzen der Betroffenen groß. Die vermeintlichen Gewinner konnten es gar nicht abwarten, endlich die »Entschädigungen« in Besitz zu nehmen. Preußen okkupierte schon einmal die Hochstifte von Hildesheim und Münster, im Gegenzug besetzte Österreich die geistlichen Territorien von Salzburg, Berchtesgaden und Passau, Bayern das Hochstift Bamberg.

Erst jetzt entschloss sich der Kaiser, die Reichsdeputation einzuberufen. Nachdem am 18. August der französische Gesandte am Reichstag Comte de Laforêt und der Vertreter Russlands Karl Heinrich von Bühler den von ihnen ausgearbeiteten Plan dem Reichstag zu Regensburg offiziell übergeben hatten, eröffnete am 24. August 1802 Reichsfreiherr

Die Arbeit der Reichsdeputation

Allerdings ließ man sich viel Zeit: Erst elf Monate nach ihrer Einsetzung nahm die Reichsdeputation im August 1802 ihre Arbeit auf. In der Zwischenzeit aber hatten die Akteure auf der europäischen Bühne die Dinge in Geheimverhandlungen be-



von Hügel als kaiserlicher Konkommissar die erste Sitzung der Reichsdeputation (Residenz 2, siehe Seiten 36 und 38). Was in Regensburg im Einzelnen verhandelt wurde, ist bislang von der Forschung noch nicht genügend aufgehellt worden. Aus den gedruckten Protokollen lässt sich jedenfalls entnehmen, dass der Plan bei der Mehrheit der Deputierten Zustimmung fand.

Österreich allerdings war darauf bedacht, seine Position noch zu verbessern und führte deshalb Verhandlungen in Paris. Zweimal konnte Hügel als Vertreter des Kaisers die Zustimmung zu dem Plan verweigern. Nachdem mehrmals geringfügige Veränderungen vorgenommen worden waren, wurde der Termin für den Beginn der Plenarverhandlungen des Reichstages auf den 7. Januar 1803 festgesetzt. Die Reichsdeputation beendete am 25. Februar ihre Arbeit mit dem Hauptschluss 2. Wie erwähnt, wurde dieser Reichsdeputationshauptschluss am 24. März 1803 ohne Gegenstimmen vom Reichstag angenommen, wobei allerdings hinzugefügt wurde, dass »die bisherigen Reichsgrundgesetze, insbesondere der westfälische Friede, und alle darauf erfolgten Friedensschlüsse, in so weit solche durch den Lüneviller Tractat, und diesen jetzt zu genehmigenden Deputationshauptschluss nicht ausdrücklich abgeändert worden, zu bestätigen; in wessen Folge also ... die deutsche Reichsverfassung ... auch für die Zukunft zu verwahren sey ...« Der Kaiser ratifizierte den Beschluss des Reichstages mit Datum vom 27. April 1803. Es sollte das letzte Grundgesetz des Heiligen Römischen Reiches sein.

Der Inhalt des Beschlusses: Säkularisation und Mediatisierung

Die Gestalt des Heiligen Römischen Reiches veränderte sich mit diesem Reichstagsbeschluss ganz grundlegend. Die »Entschädigung« für die Gebietsverluste links des Rheins, die ja an Frankreich gefallen waren, geschah auf doppelte Weise: zum einen durch Säkularisation der Kirche, sodann durch Mediatisierung aller Reichsdörfer, der meisten Reichsstädte und vieler kleiner Fürstentümer, d. h. durch die Aufhebung von nicht weniger als 112 Reichsständen, die nun nicht mehr unmittelbar dem Kaiser, sondern der Hoheit jener Territorien unterstanden, denen sie einverlebt worden waren. Dies bedeutete aber für das Reich zunächst einmal, dass damit eine seiner tragenden Säulen, nämlich die Reichskirche mit zwei von drei Kurfürstentümern (Kurköln und Kurtrier), 19 Hochstiften und 44 Reichsabteien beseitigt wurde. Diese geistlichen Territorien und alle ihre Vermögenswerte, von den Gebäuden und Weinbergen bis zu den Kunstsammlungen und Bibliotheken, stellten den Löwenanteil für den Entschädigungsfonds. Sodann blieben von den 51 Reichsstädten nur sechs – Augsburg, Nürnberg, Frankfurt, Bremen, Lübeck und Hamburg – bestehen; alle anderen büßten ihre Selbstständigkeit ein und wurden ebenfalls dem Entschädigungsfonds zugeschlagen.

Die Kirche wurde aber noch weiter geschwächt: Zusätzlich zur Vermögenssäkularisation der Reichskirche fand zur gleichen Zeit eine umfangreiche Säkularisierung auch jener kirchlichen Einrich-



CARL THEODOR
REICHSFREYHERR VON DALBERG,
FÜRST PRIMAS UND ERZBISCHOF.

geb. d. 8 ^{ten} Feb. 1744.

gest. d. 10 ^{ten} Feb. 1817.

5
Portrait des Fürst-Primas
Carl Theodor von Dalberg.
Kupferstich von Johann Bichtel
nach dem Gemälde von
Robert Lefèvre,
aus: August Krämer,
Carl Theodor Reichsfreyherr von
Dalberg, 2. Auflage Regensburg 1817.

tungen statt, die den Territorien und Landstädten unterstanden 4. Das Kirchengut dieser so genannten landständischen Stifte, Abteien und Klöster beider Konfessionen wurde ebenfalls Opfer der Vermögenssäkularisation. Dies war möglich, weil der Reichsdeputationshauptschluss auch diese kirchlichen Güter allesamt »der freien und vollen Disposition der ... Landesherren, sowohl zum Be- huf des Aufwands für Gottesdienst-, Unterrichts- und andere gemeinnützige Anstalten, als zur Erleichterung ihrer Finanzen« überlassen hatte. Parallel zum Untergang des größten Teils der Reichskirche begann nun auch innerhalb der Territorien das große Klostersterben.

Die Reichskirche ging dennoch nicht vollständig unter, vielmehr wurde für den Kurerkanzler des Reiches und Kurfürsten von Mainz Karl Theodor von Dalberg ein neues geistliches Kurfürstentum Regensburg-Aschaffenburg gebildet, dem auch Wetzlar – wegen des dortigen Sitzes des Reichskammergerichts – angegliedert wurde 5.

Gewinner des Regensburger Beschlusses von 1803 waren die mittleren Reichsstände. Durch die ihnen zugeteilten Entschädigungsmassen konnten sie nicht nur ihre linksrheinisch erlittenen Verluste ausgleichen, sondern zudem einen sehr großen Gebietszuwachs verzeichnen. Hier stimmten die Interessen Frankreichs, das die Territorien im Westen des Reiches gegenüber dem Kaiser ver-

6

Grundriss der Heiligen Römischen Freyen Stadt Regensburg.
Federzeichnung von Johann Christoph Oertel, 1779.
In der Federzeichnung sind die Standorte wichtiger Gesandtschaften für das Jahr 1779 eingetragen. – Die in den Plan eingefügten Nummern bezeichnen die Wohnungen der Gesandten (► 7) im Jahr 1802:
Aus den zahlreichen Abweichungen kann man erkennen, dass die Gesandten ihre Sitze häufig verlegt haben.



selbstständigt und damit die Reichsstruktur verändert sehen wollte, mit den Wünschen Preußens und der süddeutschen Reichsstände, die ihre Territorien zu Flächenstaaten ausdehnen wollten, überein. So erhielt Preußen u. a. die Territorien der Stifte von Hildesheim und Paderborn, ferner große Teile der Stifte von Münster und Mainz. Bayern erwarb u. a. die Bistümer Würzburg und Bamberg, ferner Freising, Augsburg und Teile von Passau, ferner so bedeutende Abteien wie Waldsassen in der Oberpfalz, Irsee und Wettenhausen in Schwaben. Zu den Gewinnern zählten

auch Baden und Württemberg. Österreich musste sich mit den Bistümern Brixen und Trient begnügen. Das um die Propstei Berchtesgaden und Teile der Hochstifte von Passau und Eichstätt vergrößerte Erzbistum Salzburg wurde zu einem neuen Großherzogtum umgestaltet.

Die nahezu vollständige Beseitigung der Reichskirche und das Ende der Selbstständigkeit der Mehrzahl der Reichsstädte hatte auf die Verfassungsstruktur des Reiches erhebliche Auswirkungen. Das Alte Reich hatte seine innere Stabilität durch den sorgfältig gestalteten Ausgleich des poli-



tischen Kräfteverhältnisses zwischen der Gesamtheit der Reichsstände einerseits und dem Kaiser andererseits erlangt. Spiegel dieses Ausgleichs war der Immerwährende Reichstag zu Regensburg **6**. Für den Kaiser waren in diesem System sowohl die Reichskirche wie auch die Reichsstädte von besonderer Bedeutung, fanden sich hier doch die stärksten Verfechter des Reichsgedankens. Ihr Wegfall musste die politische Rolle des Kaisers schwächen und das Reichsgefüge ins Wanken bringen. Dies wird schon in der neuen Zusammensetzung des Reichstages deutlich. Dem Kurkolleg, aus dem die

Kürfürsten von Köln und Trier sowie die Kurpfalz ausgeschieden waren, gehörten nunmehr zehn Mitglieder an: Der Fürsterzbischof von Regensburg-Aschaffenburg-Wetzlar als Reichserzkanzler, der Kaiser als König von Böhmen, der König von Preußen als Markgraf von Brandenburg, der König von England als Herzog von Hannover, der Erzherzog von Toskana als Großherzog von Salzburg, die Herzöge von Sachsen, Bayern und Württemberg, der Markgraf von Baden und der Landgraf von Hessen. Aus dem Kollegium der Reichsfürsten waren die geistlichen Mitglieder ausgeschieden. Auf

Anschriften der Gesandtschaften beim Reichstag im Jahre 1802, aus: Wegweiser in der Kaiserl. Freyen Reichsstadt Regensburg und ihrer Gegend, Regensburg 1802, Seiten 39-44 (► 6).

- Gesandtschaftswohnungen, nach Ordnung des Comitalkalenders.
- 1 Hochstanschnliche Kaiserl. Prinzipalkommission, in dem neuen Gebäude des Reichstiftes St. Emmeram.
 - 2 Kaiserl. Herr Konkommisarius, in der Neinhardischen Behausung der Augustinerkirche gegenüber.
 - 3 Kur Maynz, nebst Worms, Speier, Hildesheim, Paderborn, Weissenburg, Hohenzollern, Schwarzenberg und den Schwäbischen Prälaten, in der Leipoldischen Behausung am Jakobsplatz.
 - 4 Kur Trier, nebst Eichstadt, Augsburg, Kempten, Ellwangen, Brünn, Corvei, Lobkowitz, Salm, Dietrichstein, Auersberg, Fürstenberg und Thurn und Taxis, in der Schöpfischen Behausung am Domplatz.
 - 5 Kur Cölln, nebst Hoch und Deutschmeister, Straßburg, Münster und Stablos, im neuen teutschen Haus.
 - 6 Kur Böhmen, im Jakobinerkloster.
 - 7 Kur Pfalz, nebst Bayern und Zweibrücken, in der Aliiischen Behausung am untern Bach.
 - 8 Kur Sachsen, nebst Henneberg, in der Grimmisschen Behausung am neuen Pfarrplatz.
 - 9 Kur Brandenburg, nebst Sachsen Weimar und Eisenach, Baden, Mecklenburg und Nassau, in der Gumpelzhaimerischen Behausung am Sachengäßlein.
 - 10 Kur Braunschweig, nebst Osnabrück, in der Oelspergerschen Behausung in der Gesandtengasse.
 - 11 Oesterreich, nebst Lüttich, Nomeny, und den Rheinischen Prälaten, in der Habrechtischen Behausung an der Heide.
 - 12 Salzburg, nebst Basel, Johannitermeister und den Schwäbischen Grafen, im Pfeffinger Hofe.
 - 13 Bamberg und Würzburg, in der Gladbachschen Apotheke.
 - Costanz und Freisingen, vacat dermalen.
 - Regensburg und Berchesgaden, in der Domdechantischen Behausung ohnweit dem schwarzen Bären.
 - Passau, nebst Lichtenstein, im Rentmeisterhof unter den Schwibbögen.
 - Trient, nebst Brixen, Chur und Salm, in dem Domherrn-Hof ohnfern dem schwarzen Bären.
 - Lübeck und Holstein-Oldenburg, in der Gemeinerschen Behausung in der Spiegelgasse.
 - Fulda, neben der Domprobstei.

der reichsstädtischen Bank war nur mehr Platz für sechs Reichsstädte. Nicht nur im Hinblick auf die politische Balance hatten sich die Gewichte im Reichstag verschoben; auch die konfessionelle Situation hatte sich verändert, weil sich nunmehr die Angehörigen der katholischen Religion in allen Kollegien des Reichstages in der Minderheit befanden.

Reichsreform: eine unlösbare Aufgabe

Ob diese Umgestaltung des Reiches ein revolutionärer Vorgang und ob der Beschluss von 1803 rechtmäßig war, ist noch heute lebhaft umstritten. Formal und verfahrensrechtlich hatten Reichsdeputation und Reichstag ihre Beschlüsse korrekt und einmütig gefasst, so dass an der Verbindlichkeit des Reichsdeputationshauptschlusses wohl nicht zu zweifeln ist. Allerdings wurde durch diese eingreifenden Veränderungen eine verfassungsrechtliche Neuordnung des Reiches dringend erforderlich. Als Erstes war die Organisation des Reichstages, speziell die Gliederung seiner Kollegien und die Verteilung der Stimmen neu zu regeln. Die Finanzierung der Reichsgerichte sowie die Exekution ihrer Urteile war zu reformieren. Die Reichskreise, die als überregionale Gebilde im Hinblick auf Handel, Verkehr und militärische Organisation für das alte Reich viel geleistet hatten, waren nicht mehr handlungsfähig und bedurften einer Reorganisation. Die Reichskirche, die nun nur noch im Fürstentum Dalberg, insbesondere in seiner Stellung als Metropolitan-Erzbischof von Regensburg und Fürstprimas von Deutschland sichtbar war, musste auf eine neue Grundlage gestellt und der dann geschaffene Zustand durch ein Konkordat mit dem Heiligen Stuhl sanktioniert

werden. Der Regensburger Reichstag hatte also ein großes Reformprogramm zu bewältigen.

Im Kreise der Gesandten 7 glaubte man anfangs, dieser Aufgabe gewachsen zu sein, zumal der Kurerkanzler große Anstrengungen unternahm, das Reich und damit – in irgendeiner Weise – die Reichskirche zu retten. Schon am Ende des 18. Jahrhunderts hatte eine rege Diskussion eingesetzt, wie man das Reich modernisieren könnte. Daran konnte man nun anknüpfen. Auch die Garantimächte Schweden und Russland bemühten sich um eine offene Reformdiskussion, in der die eine Seite eher eine traditionell-hierarchische, auf den Kaiser ausgerichtete Verfassung anstrebte, während sich die »Modernen« für ein föderalistisches, den Mitgliedern noch größere Freiheit und noch stärkeren Einfluss gewährendes Modell einsetzten. Die dem alten Reichsgedanken verpflichteten Reformer gingen von den überkommenen Reichsstrukturen aus und suchten die Einheit des Reiches nach Möglichkeit zu erhalten, während die großen bzw. groß gewordenen Reichsstände alles daran setzten, ihre Souveränität weiter auf Kosten des Reiches auszubauen. Dies zeigte sich schon bald in der Frage der ca. 350 Reichsritterschaften, die der Reichsdeputationshauptschluss noch verschont hatte, die aber nun von den Territorialherren als weitere Masse zur Arrondierung ihrer Herrschaft in Besitz genommen wurden. Der Kaiser hatte nur geringes Interesse an einer durchgreifenden Reform, weil er sich davon keinen Nutzen versprach. Immer mehr zeigte sich, dass im Reichstag zwar debattiert wurde, dass sich aber die Gesandten gegenseitig blockierten und dass vor allem ohne Zustimmung Frankreichs im Reichstag nichts mehr zu bewerkstelligen war. Frankreich aber wollte die Auflösung des Reiches.

- Sachsen Gotha und Altenburg, nebst Braunschweig.
Wolfenbüttel und Schwarzburg, in der Leipziger Behausung am Jakobplatz.
Württemberg, nebst Sachsen Coburg und Anhalt, in der Schäfferschen Behausung, dem goldenen Arm gegenüber.
Hessencafel und Hersfeld, in der Oppermannschen Behausung in der Gesandtengasse.
Hessendarmstadt, in der Schlemmerschen Behausung, am neuen Pfarrplatz.
Holstein - Glückstadt, in der Wapplerschen Behausung auf dem Kornmarkt.
14 Schweren - Vorpommern, in der Alkoferischen Behausung nächst der neuen Uhr.
Aremberg, im Prieseninger Hofe.
Wetterau, Fränkische und Westphälische Reichsgrafen, am Herrnplatz.
Regensburg, eigene Behausung am untern Bach.
Eßlin, Aachen, Rothweil, Ravensburg und Buchhorn, in der Ostengasse.
Lübeck, Nördlingen, Heilbronn und Schweinfurt, in eigener Behausung, nächst der steinernen Brücke.
Ulm, in der Kochischen Behausung am Krämerthore.

Worms, Esslingen, Dortmund, Dinkelsbühl, Friedberg, Weil, Wimpfen und Döpplingen, in eigener Behausung ohnweit dem goldenen Hafel.

Neutlingen, Schwäbisch Hall, Memmingen, Lindau, Kempten und Kaufbeuren, in eigener Behausung am neuen Pfarrplatz.

Frankfurt, Hamburg, Weissenburg am Nordgau und Aalen, im obern Bach.

Rothenburg an der Tauber, Bremen und Windsheim, in eigener Behausung am Weinthor.

Überlingen, Schwäbisch Gmünd, Überach, Weil, Wangen, Pfullendorf, Offenburg, Gengenbach, Zell am Hammersbach und Buchau, im Bischofshofe.

Goslar, Mühhausen und Nordhausen, im Chirurg. Deitschischen Hause hinter den Fahnenstichen. Reichsquartiermeister, in der Friedrichschen Behausung am untern Bach.

Auswärtige Gesandtschaften.

15 Russisch Kaiserl. ohnweit dem schwarzen Haren.

16 Französische, in der Domkloster, dem Dom gerade gegenüber.

Das Ende des Heiligen Römischen Reiches und das Fortwirken des Reichsdeputationshauptschlusses

Als Napoleon am 18. Mai 1804 die erbliche Würde eines »Kaisers der Franzosen« annahm, antwortete Kaiser Franz II. darauf am 11. August durch eine Erklärung, in der er seinerseits »dem Hause Österreich, in Rücksicht auf dessen unabhängige Staaten, den erblichen Kaiser-Titel« beilegte. Bald brach der Krieg gegen Napoleon erneut aus. Zwar konnte in diesem Dritten Koalitionskrieg Großbritannien seine Stellung als Seemacht durch den Sieg bei Trafalgar behaupten, doch besiegte Napoleon in der Schlacht bei Austerlitz sowohl Österreich als auch Russland. Die im Friedensvertrag von Pressburg am 26. Dezember 1805 vorgenommenen Gebietsverschiebungen tangierten erneut das Reich insofern, als die Reste Vorderösterreichs an Bayern und Württemberg gelangten, die gleichzeitig zu Königreichen erhoben wurden. Bald darauf schlossen sich die Mittelstaaten des Reiches – also Bayern, Württemberg, Baden, Hessen-Darmstadt und Berg – und weitere elf Fürsten zu einem Rheinbund unter der Schirmherrschaft Napoleons zusammen. Mit einer Erklärung vom 1. August 1806 vollzogen die Rheinbundstaaten ihren Austritt aus dem Reich. Am gleichen Tag übergab der französische Gesandte am Reichstag zu Regensburg die Erklärung des Kaisers der Franzosen, er könne die Existenz der deutschen Reichsverfassung nicht länger anerkennen. In einer bis zum 10. August 1806 befristeten Erklärung forderte Napoleon von Franz II. die Niederlegung der Krone des Reiches. Daraufhin legte der Kaiser die Reichskrone am 6. August 1806 nieder. Das Heilige Römische Reich deutscher Nation hatte aufgehört zu existieren.

Das Ende des Reiches bedeutete das Ende des Reichstages und damit das Ende der Sonderstellung Regensburgs als eines Zentrums, wo sich die Gesandten der Reichsstände und der wichtigsten europäischen Mächte begegneten. Das Ende des Heiligen Römischen Reiches war aber keineswegs das Ende des Reichsdeputationshauptschlusses. Vielmehr blieb dieses zu Regensburg beschlossene Reichsgrundgesetz bestehen, soweit darin Verpflichtungen für die Zukunft übernommen worden waren. Dies gilt in besonderer Weise für die im Rahmen der Säkularisation übernommenen Verpflichtungen der Staaten, die Ausstattung der Kirchen und die Besoldung der hohen Geistlichkeit zu übernehmen. Diese Vorschriften wurden vom Wiener Kongress bestätigt und sind trotz der vielen Verfassungsbrüche im 19. und 20. Jahrhundert noch heute ein wichtiges Element des geltenden deutschen Staatskirchenrechts. Schwerer wiegen jedoch die politischen Wirkungen des Reichsdeputationshauptschlusses. Durch die einschneidenden Veränderungen, die er gebracht hatte, eröffnete er der deutschen Gesellschaft ihren Weg in das bürgerliche Zeitalter. Die gesellschaftspolitischen Reformen, die in Frankreich bereits wirkten, insbesondere die Einführung der bürgerlichen Gleichheit und Freiheit, die Neustrukturierung der Gerichtsverfassung und die Modernisierung der Rechtskodifikationen, konnten nun auch in den deutschen Staaten in Angriff genommen werden.

Prof. Dr. iur.

Hans-Jürgen Becker

geb. 1939 in Coesfeld/Westfalen, Studium der Rechtswissenschaft.

Erste Juristische Staatsprüfung

1964, Assessor 1969, Promotion

1967, Habilitation 1972, jeweils in Frankfurt am Main. 1964/65 und

1970/71 Forschungsaufenthalte am Deutschen Historischen Institut

in Rom. 1974 Ernennung zum

Professor an der Universität in

Frankfurt/Main. Seit 1975 ordentlicher Professor an der Universität

Köln, seit 1988 Lehrstuhl für

Bürgerliches Recht, Europäische

Rechtsgeschichte und Kirchenrecht an der Universität Regensburg.

Forschungsgebiete:

Kirchliche Rechtsgeschichte

(insbes. Wahlkapitulationen der

Päpste); Verfassungsgeschichte

(insbes. Stiftsfehden des 15. Jahrhunderts); Wissenschaftsgeschichte

(insbes. Verfolgte Juristen im

Dritten Reich).

Wie man seine Meinung ändert

Logik und Ökonomie

in der Revision von Theorien

Philosophische Logik

Wann immer neue Information alten Meinungen und Überzeugungen widerspricht, reicht die Anwendung klassischer Logik nicht aus. Es fragt sich, auf welche Strukturen die vernünftige Revision unserer Überzeugungen zurückgreifen muss, wenn wir mit echten Überraschungen konfrontiert sind. Um Widersprüche auflösen zu können, müssen wir wissen, wie wir auf kohärente Weise unplausible Sätze beseitigen oder plausible Szenarien berücksichtigen können. Mit einer Kombination von klassischer Logik und der aus der Ökonomie stammenden Theorie der rationalen Wahl lassen sich Normen für die Durchführung von Meinungsänderungen begründen.

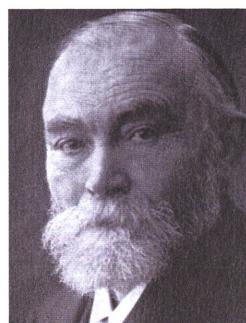
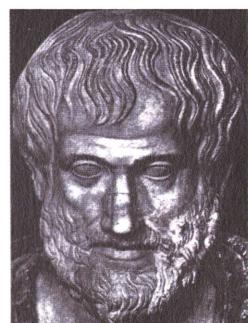
Glücklicherweise kommen die wenigsten Gaststättenbesucher in die Situation, die Wilhelm Busch in seiner kleinen Bildergeschichte »Eine unangehme Überraschung« von 1863 beschreibt (verkürzt wiedergegeben in 1). Tote Mäuse in Bierkrügen sind selten.

In einer Hinsicht aber ist uns das Schicksal des Altgesellen durchaus gut bekannt. Was wir erwarten oder wovon wir überzeugt sind, wird des Öfteren durch unsere Erfahrungen widerlegt, wie die Wirklichkeit beschaffen ist. Anders gesagt, neue Information steht häufig im Widerspruch zu unseren Erwartungen oder Überzeugungen. An welchen Meinungen dürfen wir festhalten, welche Schlussfolgerungen können wir noch ziehen in einer Situation, in der wir einen solchen Widerspruch erfahren müssen?

Von Amts wegen ist für das rationale Schlussfolgern die Disziplin der Logik zuständig, die von Aristoteles 2 als System eingeführt und von Gottlob Frege 3 in seiner 1879 erschienenen *Begriffsschrift* in die Fassung gebracht wurde, welche heute als die klassische gilt. Diese Logik ist für das Schließen in der Mathematik in idealer

2 3

Sie begründeten die Wissenschaft der Logik:
Aristoteles (384–322 v. Chr.) erfand die Syllogistik, Gottlob Frege (1848–1925) entwickelte das erste System der heute klassisch genannten Logik.



Weise geeignet und wird heute allen Philosophiestudierenden als Handwerkszeug vermittelt. Doch sie weist Eigenschaften auf, die uns zweifeln lassen, inwieweit sie auch für das alltägliche Räsonieren tauglich ist. Kennzeichnend für die klassische Logik ist nämlich unter anderem die Regel des *ex falso quodlibet*, die besagt, dass aus einem Widerspruch Beliebiges folgt. Wenn unserem Altgesellen vor der toten Maus aber auch tüchtig graust, so wird er doch nicht gleich völlig Beliebiges aus dem Widerspruch, den er erfahren musste, folgern.

Betrachten wir etwas genauer, was sich im Geiste des Altgesellen abspielen könnte. Zunächst einmal wird er, nachdem er den Krug geleert hat, seine Meinung, dass »der Stoff« sehr zu loben sei, fallen lassen. Dies allein genügt aber noch nicht. Denn sein Optimismus war ja nicht unbegründet. Nehmen wir an, er hatte sich auf die Voraussetzung gestützt, dass das Bier frisch aus dem Zapfhahn kam (a); dass es unverdorben war (b); dass weder die Wirtin noch der Kellner das Bier mit Additiven oder Fremdkörpern versetzt haben (c); dass niemand anderer Gelegenheit hatte, etwas in den Krug hineinzugeben (d). Schließlich möge die Vorfreude des Altgesellen auch durch seine langjährige Erfahrung gerechtfertigt gewesen sein, dass (e) frisch gezapfter, unverdorbener und von niemandem verunreinigter Gerstensaft immer (oder jedenfalls unter den obwaltenden Umständen) ein Genuss ist. Aus den Voraussetzungen (a) bis (e) folgt mit logischer Strenge, dass das aufgetischte Bier dem Altgesellen schmecken müsste.

Die Überraschung des Altgesellen

Da sich der Genuss nun aber nicht wie erwünscht eingestellt hat, ist diese Konklusion widerlegt. Der Altgesell muss somit schließen, dass entweder die generelle Aussage (e) nicht universell gültig ist oder dass mindestens eine der vier Voraussetzungen (a)–(d), auf denen die Anwendbarkeit von (e) beruht, nicht gegeben ist. Soweit die Auskunft der Logik. Was uns die klassische Logik aber nicht sagt, ist, wie viele oder welche dieser Voraussetzungen aufzugeben sind. Um hierfür klare Maßgaben zu finden, sind wir auf andere Strukturen angewiesen. Es stellt sich heraus, dass wir Anleihen in einer anderen Disziplin machen können. Das Modell des *homo oeconomicus* kann der Logik zur Seite stehen bei der schwierigen Aufgabe, »kohärente« oder in irgendeiner Weise »rationale« Revisionen von Erwartungen und Überzeugungen zu definieren.

Die obige Formulierung, wonach wir dem, was sich im Geiste des Altgesellen abspielen könnte, auf der Spur sind, ist etwas irreführend. Es handelt sich bei unserem Unternehmen um eine rationale Rekonstruktion, die das kognitive Verhalten unseres Protagonisten in einer Als-ob-Manier erklärt. Im Wirtshaus werden keine Logikaufgaben durchgespielt, und es ist nicht anzunehmen, dass der Altgesell seine Frustration auf die gleiche ordentliche Weise ausbuchstabiert, wie wir dies eben getan haben. Was auch immer konkret im Kopf des Altgesellen vor sich geht – insofern er in diesem Moment >recht bei Verstand< ist, könnte es auf die beschriebene oder eine ähnliche Weise vorhergesagt und erklärt werden. Dabei soll es nicht primär um die psychologische Realität des Gesagten, sondern allein um seine systematisierende Kraft gehen. Eine andere, ebenfalls vertretbare Auffassung ist, dass Explikationen wie die oben skizzierte nicht als deskriptiv, sondern als normativ zu verstehen sind, d.h., sie legen dar, was vernünftige Personen denken *sollten*, nicht, was sie tatsächlich denken.

In einem ersten Anlauf kann man den kognitiven oder *doxastischen* (von gr. $\delta\sigma\xi\alpha$, Meinung) Zustand einer Person auf eine ganz einfache Weise repräsentieren: durch die Menge ihrer Erwartungen oder Überzeugungen, sprachlich ausgedrückt durch eine Menge von Aussagesätzen. Wir wollen im Folgenden davon ausgehen, dass sich *Erwartungen* nur durch ihre geringere Stärke oder ihre leichtere Revidierbarkeit von *Überzeugungen* unterscheiden. Als generischen Terminus verwenden wir den Begriff der *Meinung* und werden die Menge aller Meinungen einer Person auch als *Theorie* bezeichnen. Eine Theorie bezeichnet hier also nicht nur den wissenschaftlichen Korpus der Aussagen über einen spezifischen Gegenstandsbereich, sondern wird im Allgemeinen sehr viele, auch alltäglich-naive Meinungen umfassen.

Die Verwendung des Begriffs >Wissen< für den Inhalt einer Theorie ist in Zusammensetzungen wie >Wissensbasis<, >Wissensrepräsentation< oder auch >Wissensrevision< weit verbreitet, philosophisch jedoch ungenau. Denn in der Literatur zu diesen Themen wird weder ein Wahrheitsanspruch noch ein Begründbarkeitsanspruch für die in der jeweiligen Theorie zusammengefassten Meinungen erhoben, obgleich seit Platon bekannt ist, dass echtes Wissen beide Ansprüche einlösen muss. Es bleiben aber, wie wir gleich sehen werden, noch genügend normative Forderungen für Meinungsänderungen übrig.

Welche *Kohärenz- oder Rationalitätskriterien* können also in Anschlag gebracht werden, wenn man mit para-doxer (im ursprünglichen Wortsinne, d.h. den bestehenden Meinungen widerstreitender) Information konfrontiert wird? Zunächst wollen wir generell die vereinfachende Annahme machen, dass – wie im Fall der Maus im Bierkrug – die Neuinformation so durchschlagskräftig ist, dass sie auf jeden Fall in der revidierten Theorie enthalten sein sollte. Zweitens sollte die klassische Logik – wenn sie für die Lösung des vorliegenden Problems auch unzureichend ist – doch respektiert werden, und zwar in zweierlei Hinsicht: Wir sollten die logischen Folgerungen aus unseren Meinungen

1

Wilhelm Busch

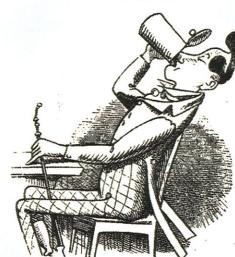
»Eine unangenehme Überraschung«
(1863).



*Der Altgesell ist froh und lacht,
Weil ihm die erste Maß gebracht.*



*Der Stoff ist sehr zu loben,
Drum wird sofort der Krug gehoben.*



*Schlupp! rinnt das Bier durch seine Kehle
Auf einmal in die heiße Seele.*



*»Was ist denn das?« - denkt er erschreckt,
Daß dieses so abscheulich schmeckt?«*



*Da hat er es. O, Schreck und Graus!
Ha! Welch abscheul'che, tote Maus!*

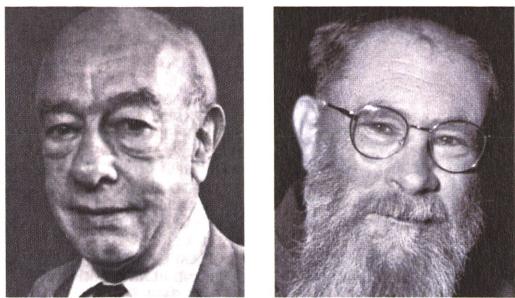
*Ja, ja! - Kaum will man sich erfreun,
So kommt gleich was Fatales drein!*

4

Willard V. O. Quine (1908–2000) und

5

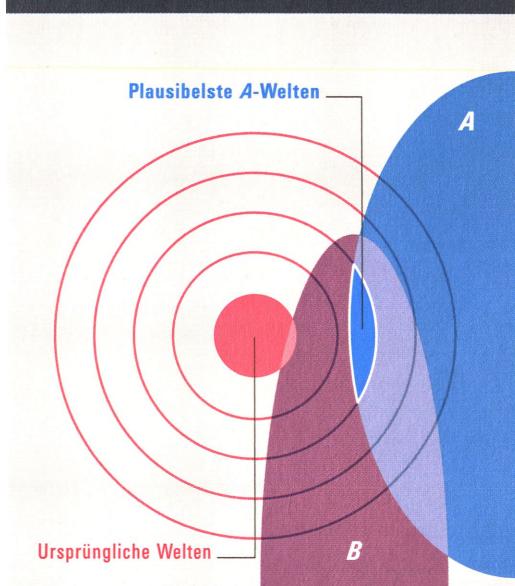
David Lewis (1941–2001) prägten die Analytische Philosophie des vergangenen Jahrhunderts.



6

Nach diesem Modell ist B in dem durch die Neuinformation A revidierten doxastischen Zustand akzeptiert, da nur die A -Welten berücksichtigt werden, die vom Zentrum minimal entfernt sind.

Sphärenmodell nach Lewis



mit akzeptieren (*logische Abgeschlossenheit*), und wir sollten zusehen, dass die neue, revidierte Theorie ihrerseits frei von Widersprüchen ist (*logische Konsistenz*). Eine weitere idealisierende Forderung ist, dass wir allein am Gehalt der Neuinformation interessiert sind und von logisch äquivalenten Varianten nicht zu einer anderen Revision veranlasst werden würden. Schließlich

7

Die AGM-Postulate für die Revision von Theorien. Hier bezeichnet K eine Menge von Sätzen und $K+A$ ist definiert als die Menge der logischen Konsequenzen von K und A zusammen. $K+A$ bezeichnet das Ergebnis der Revision von K durch A . Die Zeichen \neg und \wedge stehen für die Wörter *nicht* und *und*.

AGM-Postulate für Revisionen

- (K*1) $K+A$ ist logisch abgeschlossen.
- (K*2) A ist in $K+A$ enthalten.
- (K*3) $K+A$ ist eine Teilmenge von $K+A$.
- (K*4) Wenn $\neg A$ nicht in K enthalten ist, dann ist $K+A$ eine Teilmenge von $K+A$.
- (K*5) $K+A$ ist inkonsistent nur dann, wenn A inkonsistent ist.
- (K*6) Wenn A und B logisch äquivalent sind, dann gilt $K+A = K+B$.
- (K*7) $K*(A \wedge B)$ ist eine Teilmenge von $(K+A)+B$.
- (K*8) Wenn $\neg B$ nicht in $K+A$ enthalten ist, dann ist $(K+A)+B$ eine Teilmenge von $K*(A \wedge B)$.

wollen wir auch im relativ trivialen Fall, in dem die Neuinformation unseren alten Meinungen *nicht* widerspricht, von der Logik Gebrauch machen und die *»revidierte« Theorie* einfach mit der Erweiterung gleichsetzen, die entsteht, wenn wir die Neuinformation zum alten Vorrat an Meinungen hinzunehmen und den logischen Abschluss bilden. All diese Punkte sind, wenngleich durchaus nicht ohne Substanz, nur Vorüberlegungen für den im Zentrum des Interesses stehenden Fall, in dem die Erfahrung genuin überraschend ist, d. h. mit der Ursprungstheorie im Widerspruch steht.

Das Netz und die Sphären

In der breiteren Öffentlichkeit wenig bekannt sind zwei vor kurzem verstorbene amerikanische Philosophen, die den Lauf der Philosophie in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ganz wesentlich mitbestimmt haben: Willard Van Orman Quine (1908–2000) und David Lewis (1941–2001). Beide haben auf ihre je eigene Weise wesentliche Beiträge zur Theorie der Meinungsrevision geliefert.

Quine 4, der mit einer 1951 vorgebrachten Kritik an den Dogmen des Empirismus philosophische Berühmtheit erlangte, hat seine Vision von der Struktur und Dynamik wissenschaftlicher Theorien in einem zusammen mit Joseph S. Ullian verfassten Büchlein ausgearbeitet, welches den bezeichnenden Titel *The Web of Belief* trägt. Hierin wird benannt, was wissenschaftlichen Hypothesen und Theorien zur methodologischen Tugend gereicht: Konservativität, Bescheidenheit, Einfachheit, Allgemeinheit, Widerlegbarkeit und Präzision. Quine und Ullian zeigen aber auch, dass die Wissenschaft einen breiten Spielraum lässt, wie vorhandene Theorien abgeändert werden können, um sie an *»anomale«* oder *»widerspenstige«* Erfahrung anzupassen. Es besteht eine weitgehende Wahlfreiheit, welche Grundsätze der zu verändernden Theorie als die am wenigsten plausiblen aufgegeben werden, wenn man diese an widerstreuende Evidenz anpassen muss. Um unser einfaches Beispiel mit dem Altgesellen und der Maus weiterzuspinnen: Der erstere kann angesichts der letzteren beispielsweise befinden, dass von seinen Prämissen entweder (c) oder (e) verfehlt gewesen sein müssen, weil nun doch die Möglichkeit in Betracht kommt, dass ihm die Wirtin einen derben Streich spielen wollte oder die vorwitzige Maus im Gerstensaft selbstständig den Weg zum Krug und in selbigem den Tod gefunden hat.

David Lewis 5 legte mit seinem 1973 erschienenen Buch über *Counterfactuals* die Grundlage einer Bedeutungstheorie für kontrafaktische Konditionalsätze, d. h. Bedingungssätze, deren Vordersatz falsch (und als falsch bekannt) ist. Hierzu machte Lewis Gebrauch vom Konzept der *»möglichen Welten«*, ein Begriff, der von Leibniz eingeführt worden war. Unter Verwendung von Satzvariablen wollen wir nun unter einer A -Welt eine mögliche Welt verstehen, in der der Satz A wahr ist. Ein Konditionalsatz *»Wenn A der Fall wäre, dann wäre B der Fall«* ist in einer Welt w genau dann wahr, wenn B in all denjenigen A -Welten wahr ist, die der Welt w am ähnlichsten sind (es gibt im Allgemeinen mehrere solcher A -Welten). So pro-

blematisch der hier verwendete Begriff der Ähnlichkeit auch ist, so gut lässt sich Lewis' Modell für die Theorie der Überzeugungsrevision nutzbar machen. Eine Person definiert mit ihren aktuellen Überzeugungen eine gewisse Kernmenge von möglichen Welten, unter denen sich ihrer Auffassung nach die wirkliche Welt befindet. Wenn sich die Person hierin aber irrt, so soll sie über immer weiter ausgreifende, gleichsam konzentrische Sphären von immer größeren Mengen von Welten abnehmender Plausibilität verfügen. Die Theorie K wird dann durch eine Neuinformation A revidiert zur Menge $K \ast A$ derjenigen Sätze, die von allen plausibelsten, d. h. der Kernmenge am nächsten liegenden A -Welten erfüllt werden. Vereinfacht (und nicht ganz korrekt) gesagt, ist ein Satz B dann in der revidierten Theorie $K \ast A$ enthalten, wenn der Bedingungssatz »wenn A , dann B « durch K validiert wird. Für die obige Auflösung des Falls unseres Altgesellen heißt dies, dass in den plausibelsten, am ehesten für möglich gehaltenen Welten, in denen das Bier nicht schmeckt, entweder (c) oder (e) falsch ist (aus den genannten Gründen).

Plausibilität und rationale Wahl

Was Quine und Lewis bei aller Verschiedenheit ihrer philosophischen Ansatzpunkte gemeinsam haben, ist der Begriff der Plausibilität. Man kann seine Meinung ändern, indem man entweder die unplausibelsten Sätze oder die plausibelsten möglichen Welten zu identifizieren sucht. Insgesamt versucht man eine Glaubensrevision so zu bewerkstelligen, dass einerseits keine Überzeugung unmotiviert preisgegeben wird, dass andererseits aber auch die oben angesprochenen Kohärenz- und Rationalitätsgebote beachtet werden. Eine systematische Aufstellung von Postulaten für Meinungsrevisionen haben Carlos E. Alchourrón, Peter Gärdenfors und David Makinson 1985 gegeben (die so genannten »AGM-Postulate«). Charakteristisch für sie sind zusätzliche Bedingungen, die das Verhältnis von (potenziellen) Revisionen durch verschiedene Informationen regeln. Die Revision durch einen Satz der Form » A und B « wird mit der Revision durch den Satz A allein verglichen. Ist B mit der durch A revidierten Theorie konsistent, dann soll die Revision durch » A und B « so durchgeführt werden, dass zuerst durch A allein revidiert und hiernach B addiert und der logische Abschluss gebildet wird.

Diese Forderungen sehen zunächst harmlos aus. Die Forschung hat jedoch gezeigt, dass sie ziemlich rigide sind – tatsächlich so rigide, dass es in vielen Kontexten gar nicht vernünftig wäre, sie zu erfüllen. In den letzten beiden Jahrzehnten wurden deshalb fein kalibrierte Abschwächungen der AGM-Postulate vorgeschlagen und untersucht.

Der *homo oeconomicus* kommt ins Spiel, wenn man daran geht, den Postulaten durch konkrete Konstruktionsanweisungen gerecht zu werden. Die entscheidende Idee ist, dass Plausibilitätsüberlegungen als ein Wahlprozess modelliert werden können. Aus einer Menge von Sätzen, welche den Widerspruch mit der Neuinformation erzeugen, werden



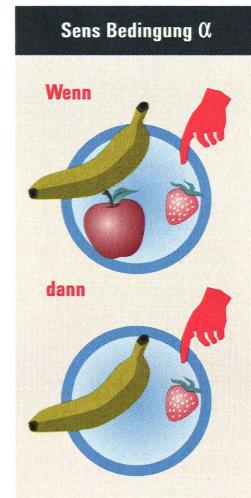
die unplausibelsten *ausgewählt* und eliminiert. Aus der Menge von Welten, in welchen die Neuinformation wahr ist, werden die plausibelsten *ausgewählt* und als doxastisch bevorzugt anerkannt.

In beiden alternativen Fassungen kann nun die Theorie der rationalen Wahl zum Einsatz gebracht werden, wie sie u. a. von den Ökonomen Paul A. Samuelson, Kenneth J. Arrow und Amartya K. Sen entwickelt worden ist. Eine Vorstellung des Gehalts dieser Theorie vermitteln die Bilder 9 und 10. Dargestellt sind hier die Auswahlen, die eine Person aus einem Obststeller trifft, auf dem sich zwei oder drei Früchte befinden. Dass im Bild die Hand auf eine bestimmte Frucht zeigt, soll heißen, dass diese Frucht für die Person zum gegebenen Zeitpunkt *eine* beste Wahl in diesem Teller darstellt, nicht notwendigerweise die *einige* beste Wahl (es könnte also durchaus eine Indifferenz zwischen Apfel und Erdbeere bestehen). Es geht nun um die Kohärenz zwischen Auswahlen aus verschieden bestückten Obststellern. Bild 9 veranschaulicht Sens Bedingung α : Wenn ein Element in einer großen Menge optimal ist, dann ist es auch in allen Teilmengen optimal, die dieses Element enthalten. Bild 10 macht Sens Bedingung γ sinnfällig: Wenn ein Element in zwei verschiedenen Mengen optimal ist, dann ist es auch in der Vereinigungsmenge, welche alle Elemente der beiden ursprünglichen Mengen zusammenfasst, optimal.

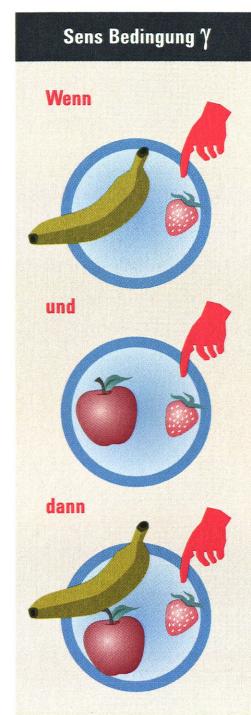
In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden die Analysen verschiedenartiger Kohärenzbedingungen für rationale Wahlen zunehmend verfeinert. Alle diese Bedingungen verstehen sich als vollkommen abstrakt; die »Menüs«, aus denen auszuwählen ist, können natürlich nicht nur Früchte enthalten. Wählen kann man etwa auch zwischen Gerichten auf einer Speisekarte, zwischen Automarken, Zeitungsabonnements und beliebigen Bündeln von Gütern, zwischen politischen Parteien, potenziellen Lebenspartnern und allgemeinen Handlungsalternativen. Weitere Bedingungen, die in der Theorie untersucht wurden, sind schwerer visualisierbar als α und γ . Doch sind die Bedingungen α und γ besonders wichtig. Falls die Dispositionen zum Treffen von Auswahlen aus variierenden Menüs diesen beiden Bedingungen genügen, dann kann man diese Auswahlen durch Annahme einer zugrundeliegenden Präferenzrelation P »rationalisieren« in dem Sinne, dass in jedem Auswahlmenü die bezüglich P optimalen Elemente selektiert werden oder worden sind. Die Relation P gibt dann die »offenbarten Präferenzen« der Person wieder. Über α und γ hinausgehende

8 Nobelpreisträger für Ökonomie und Pioniere der Theorie rationaler Wahl: Paul A. Samuelson (*1915), Kenneth J. Arrow (*1921) und Amartya K. Sen (*1933).

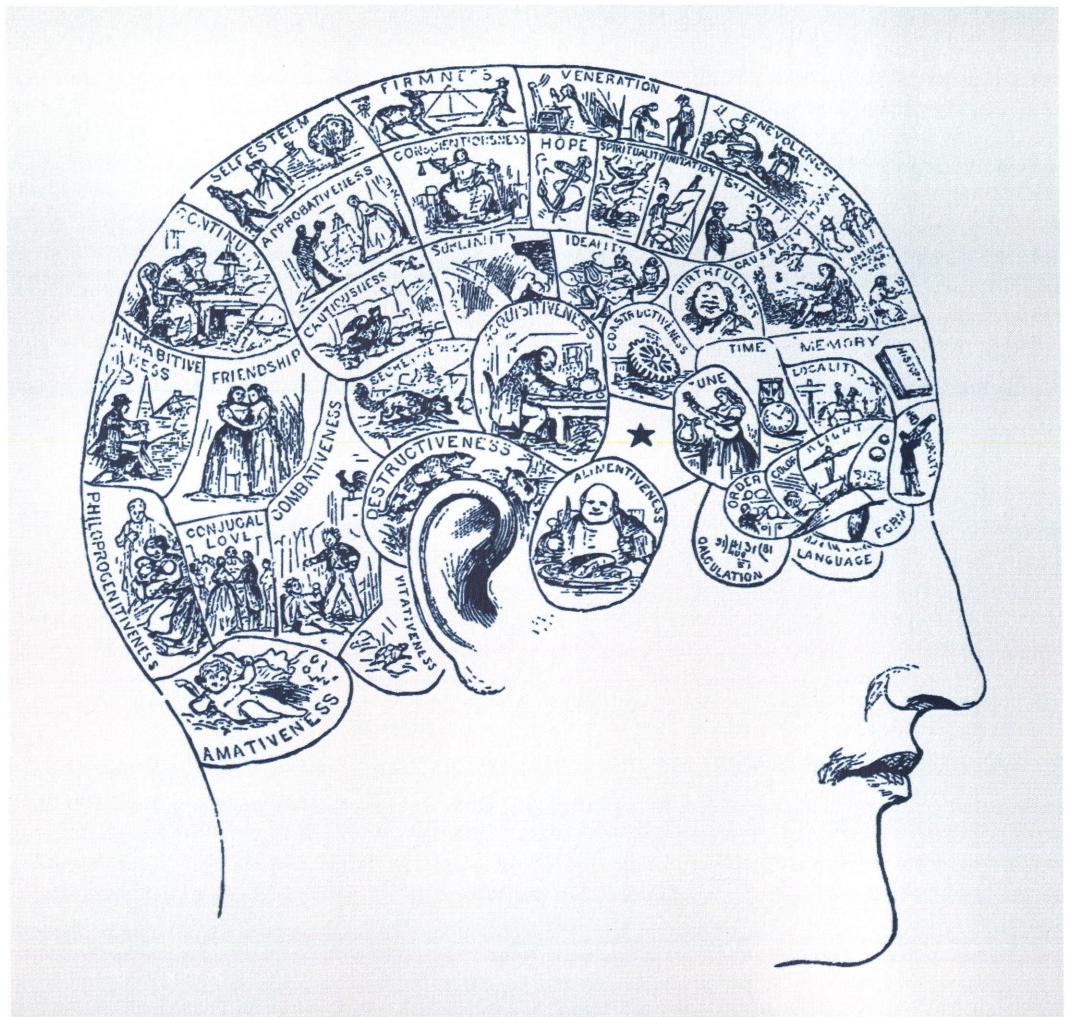
9 Vom großen zum kleinen Menü.



10 Von kleinen Menüs zum großen Menü.



Der menschliche Kopf in der Vorstellung des 19. Jahrhunderts, nach Gall und Spurzheim.
Wo ist die Logik, wo sind Auswahlfunktionen und Präferenzrelationen verborgen? Kommen wir zu unseren Meinungen durch willentliche Entscheidung oder mittels eines unbewußten Automatismus?



Bedingungen für die Auswahlfunktion garantieren, dass P gewisse wünschenswerte formale Eigenschaften (wie Transitivität oder Konnexität) aufweist.

Die Allgemeinheit der Theorie erlaubt es nun, sie auch auf Meinungen und auf mögliche Welten anzuwenden. Es hat sich gezeigt, dass dieses Vorgehen in der Tat fruchtbar ist und dass es mit dem Gedanken der logischen Ausbalanciertheit vereinbar werden kann. Das Hauptergebnis einer präzisen, in formalisierter Sprache durchgeführten Analyse besteht darin, dass die wichtigsten Bedingungen aus der Theorie rationaler Wahl, angewandt auf das kognitive Problem der Meinungsänderung, zu Postulaten für Revisionen führen, die innerhalb der Forschung auf diesem Gebiet bereits aus unabhängigen Gründen einen festen Status erreicht haben. Und umgekehrt zeigt sich, dass prominent diskutierte Postulate der Meinungsrevision sich immer als durch einleuchtende Bedingungen für Wahlfunktionen begründet verstehen lassen. Auf formaler Ebene ist inzwischen eine eineindeutige Entsprechung von (mehr als einem Dutzend) Kriterien der beiden verschiedenen Gebiete nachgewiesen.

Was bedeutet das alles?

Halten wir fest, dass in den siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts Quine und Lewis konzeptuelle Grundlagen für die Analyse der Änderung von Meinungen oder Überzeugungen bereitgestellt ha-

ben. Quine und Lewis verfolgten jedoch primär andere Zwecke. Explizit in dieser Zielsetzung waren andere Forscher wie William Harper oder Isaac Levi, doch wurde erst in den achtziger Jahren eine systematische Theorie der *Belief revision* entwickelt (das AGM-Paradigma). Waren es hier noch Logiker und Philosophen, die den Ton angaben, so ist seit den neunziger Jahren eine zunehmende Verschiebung in den Bereich von Wissensrepräsentation und Künstlicher Intelligenz zu beobachten, wo das Thema in immer engerem Anschluss an das wichtige Gebiet des so genannten *nichtmonotonen Schließens* (»defeasible reasoning«, »default logic«) verhandelt wird. Nimmt man noch die in diesem Artikel beschriebenen Aspekte hinzu, die wirtschaftswissenschaftlichen Methoden zugänglich sind, so erweist sich unser Thema als wahrhaft interdisziplinär.

Es belegt die praktische Relevanz allgemeiner Überlegungen, wenn theoretische Resultate für die Konstruktion intelligenter Systeme in der Informatik fruchtbar gemacht werden können. Am Institut für Philosophie der Universität Regensburg hat aber naturgemäß der philosophische Standpunkt Priorität. Zunächst hat sich aufgrund der vorliegenden Forschungen das Bild dessen, was einen doxastischen Zustand ausmacht, gewandelt. Ein solcher Zustand kann nun nicht mehr allein durch eine Theorie, das heißt durch eine Menge von Sätzen, welche die Erwartungen und Überzeugungen des Subjekts formulieren, repräsentiert

werden. Hinzukommen muss eine Repräsentation von Auswahlfunktionen oder Präferenzen, die die Änderung der Theorie zu konstruieren erlauben. Wenn das Konstruktionsrezept als vorgegeben angenommen wird (eine strittige Annahme!), dann enthält der statische Zustand des Subjekts gleichsam seine eigenen potenziellen, durch mögliche Neuinformationen veranlassten Änderungen. Umgekehrt – und weniger überraschend – erlaubt es die Dynamik der Meinungen, den statischen Aspekt unmittelbar abzuleiten: Die je aktuelle Theorie des Subjekts kann mit dem Ergebnis der Revision durch einen tautologischen Input identifiziert werden.

Praktische Vernunft ist für das Handeln des Menschen zuständig, theoretische Vernunft für sein Denken. Handeln aber, insofern es diesen Namen verdient, beinhaltet die Auswahl einer bestimmten Handlung aus einer Anzahl alternativer Handlungsmöglichkeiten. Insofern gehört die Theorie des Wählens ins Reich der praktischen Vernunft. Ein Prozess der Änderung von Meinungen und Überzeugungen, der die Gesetze der Logik respektiert, ist andererseits offenbar eine Angelegenheit der theoretischen Vernunft. Wer die Gesetze des Denkens studiert, hat normalerweise nicht Handlungen oder die vor dem Handeln anstehenden Entscheidungen im Sinn. Auch das Umgekehrte gilt: Wer die Gesetze des Handelns studiert, denkt normalerweise nicht daran, dass solche Gesetze auch unser Denken beherrschen könnten. In diesem Sinne sind die Maßstäbe, die man an das Ändern von Meinungen und an das Auswählen von optimalen Elementen anlegt, völlig unabhängig voneinander motiviert.

Welchen Schluss soll man dann ziehen aus der mit formalen Mitteln aufgewiesenen Parallelen zwischen den Postulaten, die vernünftige Meinungsänderung, und den Postulaten, die vernünftiges Wählen charakterisieren? Hat man Grund, sich darüber zu wundern, oder handelt es sich hierbei nur um einen zwar bemerkenswerten, aber letztlich belanglosen Zufall? Es scheint jedenfalls naheliegend, für diese Parallelen eine Erklärung zu suchen. Weist uns also die Tatsache, dass in der formalen Konstruktion ständig von Wahlfunktionen die Rede ist, darauf hin, dass wir bei der Festlegung von Meinungen und Überzeugungen Akte freien Wählens vollziehen – der amerikanische Pragmatist William James sprach in einem berühmten Artikel aus dem Jahre 1897

vom *Will to believe* –, oder ergibt diese Annahme im doxastischen Zusammenhang keinen Sinn? Es ist schließlich auch möglich, dass die menschliche Denkfähigkeit im Hirn auf eine ähnliche Weise implementiert ist wie die Schachkompetenz im Schachcomputer, der nach einer Weile ja auch – wenngleich automatisch – den Zug auswählt, der ihm den höchsten Nutzen verspricht. Niemand würde dem Schachcomputer deshalb einen freien Willen zusprechen wollen. Es ist eine große Frage, ob es in der psychologischen oder physiologischen Realität Strukturen gibt, die den Wahlfunktionen oder Präferenzen für die Meinungsänderung entsprechen, welche mit logisch-mathematischen Mitteln identifizierbar sind **11**.

Schließlich muss angemerkt werden, dass die von Samuelson, Arrow und Sen entwickelte klassische Theorie des Auswählens in den letzten Jahrzehnten Ziel zahlreicher Kritiken war. Das Korsett, das sie der Vielfalt menschlichen Entscheidens anlegt, wurde in immer neuen Situationen als zu eng empfunden, der Grad der Idealisierung erscheint heute als allzu groß. Dem ist gegenüberzustellen, dass der Einsatz von Wahlfunktionen für die wohlüberlegte Meinungsänderung zu einer großen Liberalisierung oder De-Idealisierung in der Logik geführt hat, u. a. durch die Modellierung der schon erwähnten Systeme der nichtmonotonen Logik. Hieran schließt sich die folgende Frage: Infizieren die Probleme, die sich für die klassische Theorie des Auswählens aufgetan haben, auch das doxastische Gebiet oder markiert dieses einen sich besonders »ordentlich« verhaltenden Sonderfall, bei dem solche Schwierigkeiten überhaupt nicht auftreten? Inzwischen haben wir Fallbeispiele analysiert, die zeigen, dass sich die Kritik an übermäßiger Idealisierung durchaus auf die formalen Modelle der Meinungsrevision übertragen lässt.

An diesen wenigen Punkten zeigt sich schon, dass die Entdeckung einer weitreichenden strukturellen Parallelität zwischen gewissen Forderungen der Logik und gewissen, vorderhand ganz unabhängig aufgestellten Forderungen der Ökonomie mehr inhaltliche und interpretatorische Fragen aufwirft als beantwortet. Wir haben hier eher den Entwurf eines Forschungsprogramms als ein handfestes Resultat vor uns liegen. Aber dies wiederum ist ein Ergebnis, wie es für die Philosophie nicht untypisch ist.

Prof. Dr. phil.

Hans Rott

geb. 1959 in Augsburg,

Studium der Logik und

Wissenschaftstheorie, Philosophie

und Germanistischen Linguistik

sowie der Mathematik an der

Ludwig-Maximilians-Universität

München. 1989 Promotion. 1990

Wiss. Assistent in der Fachgruppe

Philosophie der Universität Kon-

stanz. 1993 Heinz-Maier-Leibnitz

Preis auf dem Gebiet Kognitions-

forschung. 1997 Habilitation in

Konstanz, im gleichen Jahr Lehr-

stuhl für Logik und Kognitions-

wissenschaften an der Universität

Amsterdam.

Seit 1999 Lehrstuhl für

Theoretische Philosophie an der

Universität Regensburg.

Forschungsgebiete:

Logik und Erkenntnistheorie,

Sprachphilosophie, Analytische

und Pragmatistische Philosophie

des 19. und 20. Jahrhunderts,

Wissensrepräsentation.

Regeneration aus dem Reagenzglas

Hämatopoetische Stammzellen

Stammzelltherapie

In den vergangenen dreißig Jahren hat sich die Transplantation blutbildender Stammzellen von einem experimentellen Verfahren zu einer etablierten Therapie entwickelt, die einen festen Platz in der Behandlung maligner Erkrankungen einnimmt. Die Nachkommenschaft einer einzelnen Stammzelle ist nachweislich in der Lage, zu jeder möglichen Blutzelle auszureifen; nach der Transplantation einiger weniger Stammzellen in einen Empfängerorganismus können diese die gesamte Blutbildung übernehmen – das Immunsystem eingeschlossen. Aktuell geht es nun darum, dieses Verfahren zur spezifischen Zelltherapie weiterzuentwickeln: Ist das Differenzierungspotenzial der Stammzellen noch größer als bisher angenommen, so können auch andere Organsysteme aus blutbildenden Geweben regeneriert werden. In einem Forschungsschwerpunkt, an dem 10 Kliniken und Institute der Medizinischen Fakultät beteiligt sind, wird an der Universität Regensburg untersucht, ob Zellen, die aus blutbildenden Stammzellen herangezüchtet werden, in Zukunft auch in der Behandlung nicht-hämatologischer Erkrankungen eingesetzt werden können.

Die Plastizität und das Proliferationspotenzial embryonaler oder adulter Stammzellen und die damit verbundene Hoffnung auf ein neues therapeutisches Prinzip zur Behandlung bislang unheilbarer Erkrankungen haben in jüngerer Zeit ein zunehmendes öffentliches Interesse gefunden. Dabei ist das Konzept der Stammzelle, die im erwachsenen Organismus existiert und während dessen gesamter Lebensspanne die Gewebsneubildung unterhält, schon lange bekannt.

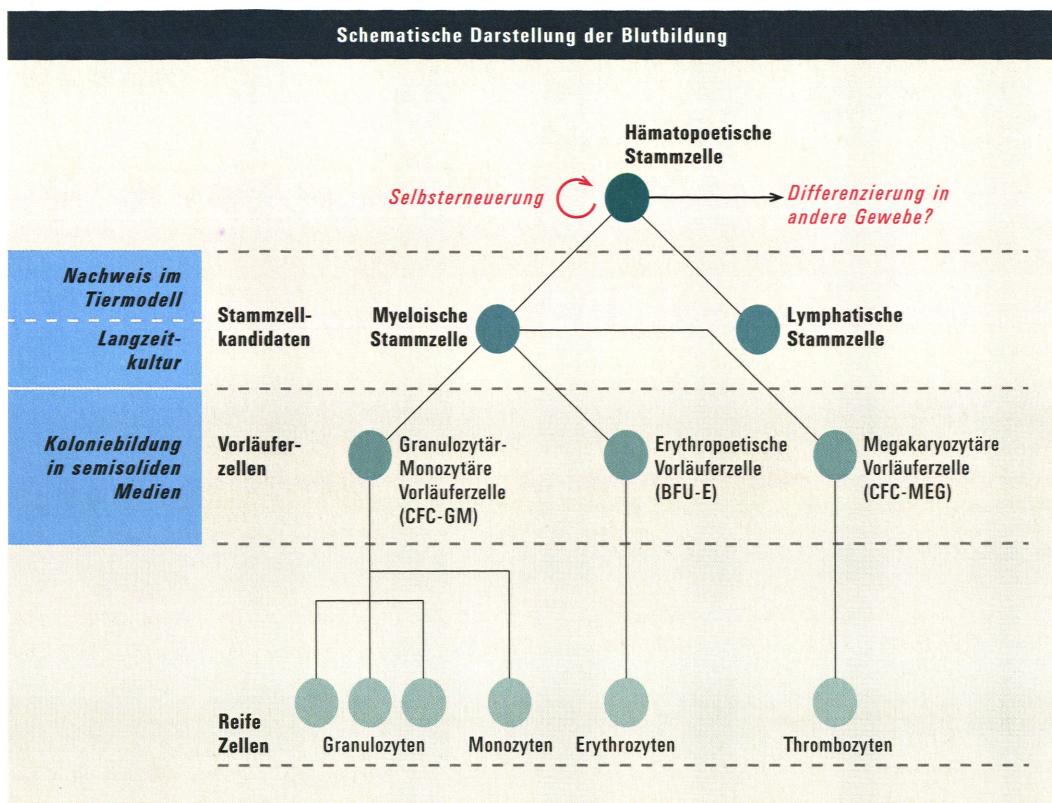
Das Konzept der hämatopoetischen Stammzelle

Bereits Anfang des 20. Jahrhunderts haben der Petersburger Militärarzt Alexander Maximov und Ernst Neumann, der an der Universität Königsberg Pathologie lehrte, die Existenz von hämatopoetischen (blutbildenden) Stammzellen postuliert. Sie beschrieben diese ihrer Morphologie im Lichtmikroskop nach als lymphozytenähnlich und nahmen an, dass sie die Fähigkeit hätten, durch das Blut zu mikroökologischen Nischen zu wandern und dort zu Zellen verschiedener Blutzelllinien auszureifen. Diese Hypothese bestätigte sich, als in den fünfziger und sechziger Jahren gezeigt werden konnte, dass eine kleine Zellfraktion innerhalb des Knochenmarks nach intravenöser Transplantation die gesamte Blutbildung regenerieren kann. Voraus-

setzung dafür ist, dass die hämatopoetischen Stammzellen zwei Eigenschaften besitzen: die Fähigkeit zur Selbsterneuerung sowie das Potenzial zur Differenzierung in die verschiedenen hämatopoetischen Zelllinien. Pluripotente hämatopoetische Stammzellen differenzieren zunächst zu linienspezifischen Vorläuferzellen, welche die Fähigkeit zur Selbsterneuerung verloren haben, und reifen dann zu funktionell kompetenten Blutzellen aus **1**. Dieser Ausreifungsprozess wird durch ein hochkomplexes Netzwerk von Regulationselementen gesteuert, die durch membranständige Rezeptoren mit der ausreifenden Zelle interagieren; man unterscheidet hier zwischen extrazellulären Matrixproteinen, löslichen Zytokinen und zellulären Oberflächenstrukturen als Wachstums- und Differenzierungsfaktoren.

Charakterisierung hämatopoetischer Stamm- und Vorläuferzellen

Unter normalen Bedingungen findet die Blutbildung bei Erwachsenen ausschließlich im Knochenmark statt. Wenn das nicht ausreicht, kann eine Neubildung hämatopoetischer Zellen in Leber und Milz erfolgen. Das Knochenmark besteht aus ca. $1,3 \times 10^{12}$ Zellen, die täglich ca. 200 Millionen Erythrozyten und 70 Millionen neutrophile Granulozyten in den Blutstrom abgeben. Nur ein winziger Bruchteil dieser Zellen besteht aus hämatopoetischen Stammzellen. Bis heute können diese weder phänotypisch noch immunologisch eindeutig identifiziert werden, so dass die funktionelle Charakterisierung eine große Bedeutung besitzt. Lange Zeit war der Nachweis der Koloniebildung in semisoliden Medien die einzige verfügbare Nachweismethode. Eine typische solche Kolonie aus Vorläuferzellen roter Blutkörperchen ist in **2** dargestellt. Später wurden Testsysteme entwickelt, mit denen es möglich ist, die Fähigkeit zur Selbsterneuerung und das Potenzial zur Differenzierung hämatopoetischer Stammzellen funktionell nachzuweisen: die Transplantation in immunsupprimierte Empfängertiere und die Langzeitkultur auf Bindegewebs-(Stroma-)Zellen mit nachfolgender Untersuchung der Koloniebildung. Diese von Heather Sutherland (Vancouver) beschriebene Langzeitkultur basiert auf der Fähigkeit früher hämatopoetischer Vorläuferzellen, nach mehrwöchiger Kultur auf bestrahlten menschlichen Stromazellen zu koloniebildenden Zellen zu differenzieren. Tiermodelle zum Nachweis menschlicher hämatopoetischer Stammzellen wurden durch den Einsatz immundefizienter Mäuse möglich, denen man aufgrund des Fehlens intakter T- und B-Lymphozyten



1

Hierarchische Darstellung der Differenzierung hämatopoetischer Stamm- und Vorläuferzellen zu reifen Blutzellen der verschiedenen Linien. Auf der linken Seite sind blau unterlegt die *in-vitro*- und *in-vivo*-Assays dargestellt, mit denen hämatopoetische Zellen unterschiedlicher Differenzierungsstufen funktionell nachgewiesen werden können.

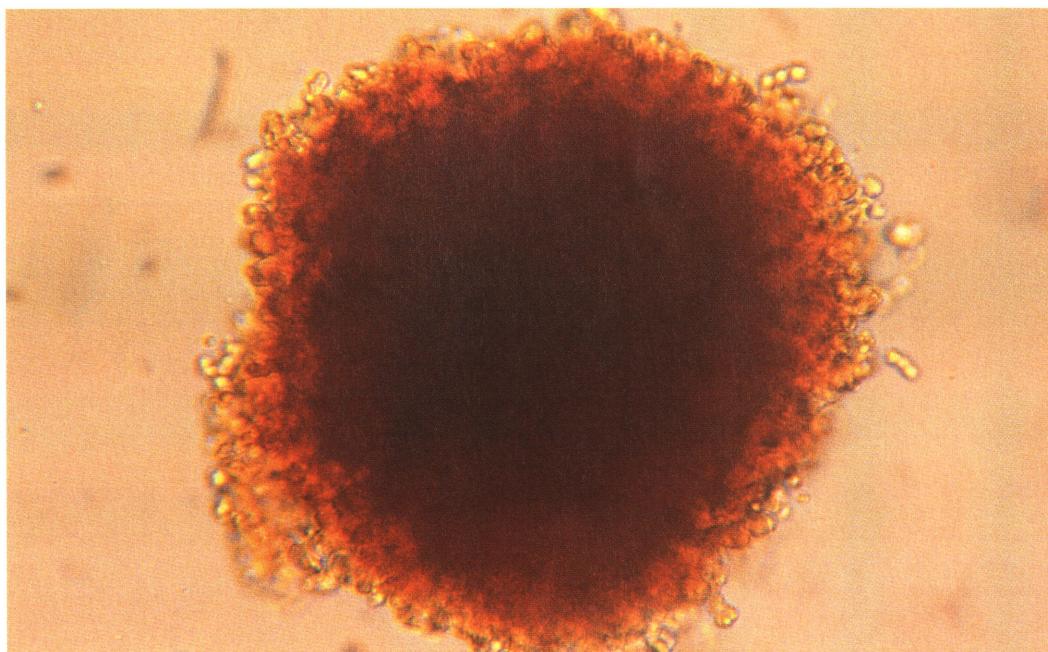
Die verschiedenen Vorläuferzellen:
CFC-GM: Colony Forming Cell-Granulocyte/Macrophage,
BFU-E: Burst Forming Unit
Erythrozyte,
CFC-MEG: Colony Forming Cell-Megakaryocyte.

menschliche Zellen transplantieren kann. In den letzten Jahren etablierte sich die Transplantation hämatopoetischer menschlicher Zellen in solche Mäuse, die zusätzlich eine beeinträchtigte Funktion von Natürlichen Killerzellen und Makrophagen zeigen, wodurch sich die Chance für das Anwachsen der Zellen noch einmal verbessert.

Neben den beschriebenen funktionellen Eigenschaften ermöglicht der Nachweis typischer Oberflächenantigene die immunphänotypische Analyse hämatopoetischer Vorläuferzellen. Der Phänotyp der transplantierbaren hämatopoetischen Stammzelle mit der Fähigkeit zur dauerhaften Wiederherstellung der Blutbildung im Empfängerorganismus ist bis heute jedoch noch nicht eindeutig definiert.

Eine bedeutende Eingrenzung lieferte der Nachweis eines hohen Prozentsatzes an koloniebildenden und transplantierbaren Stammzellen in der so genannten $CD34^+/\text{KDR}^+$ -Zellfraktion. Dadurch wurde gezeigt, dass KDR, ein Rezeptor auf der Zelloberfläche, der vor allem bei der Gefäßneubildung eine wichtige Rolle spielt, auch für hämatopoetische Stammzellen von besonderer Bedeutung ist.

In jüngster Zeit wurde eine Reihe von Arbeiten publiziert, die die Differenzierung aus hämatopoetischen Geweben isolierter Zellen in reife Zellen verschiedener anderer Gewebe behandeln. So konnte die Arbeitsgruppe um Professor Albrecht Müller in Würzburg durch Injektion adulter Knochenmarkstammzellen in Blastozyten die Differenzierung



2

Die Differenzierung und das Proliferationspotenzial blutbildender Zellen können anhand der Koloniebildung in halbfesten Medien beurteilt werden. Abgebildet ist eine 50fach vergrößerte Kolonie aus erythrozytären Vorläuferzellen, die zu roten Blutkörperchen ausreifen können. Die rötliche Farbe zeigt die beginnende Hämoglobinbildung.

dieser Stammzellen in Muskel-, Nerven-, Leber- und Lungengewebe nachweisen. Wenn Knochenmarksstromazellen zusammen mit hämatopoetischen Stammzellen in die Blutbahn von Mäusen injiziert wurden, die zuvor radioaktiv bestrahlt worden waren, um das Anwachsen der transplantierten Zellen zu ermöglichen, beteiligten sich diese Zellen an der Neubildung von Nervengewebe, Skelettmuskelzellen und Leberzellen. Von großer Bedeutung sind dabei erste Beobachtungen am Tiermodell, dass aus hämatopoetischen Geweben isolierte Stammzellen nicht nur zur Gewebsneubildung, sondern auch zur Regeneration differenzierter Organfunktionen, z. B. in Herzmuskel und Gehirn, fähig sind. Den bisher am weitesten gehenden Beweis des Potenzials hämatopoetischer Stammzellen, auch in andere Gewebe auszureifen, führte die Arbeitsgruppe um Diane Krause in New Haven in Connecticut im Jahr 2001 durch die Transplantation hämatopoetischer Stammzellen aus dem Knochenmark männlicher Mäuse in weibliche Empfängertiere. Elf Monate nach der Transplantation wurden in den weiblichen Tieren nicht nur im Blut, sondern auch in der Speiseröhre, im Magen, im Darm, in der Gallenblase und in der Lunge Zellen nachgewiesen, die das männliche Y-Chromosom in sich trugen und somit zweifelsfrei aus den transplantierten Blutvorläuferzellen ausgereift waren. Sollten sich diese Daten bestätigen, so sind neue Perspektiven denkbar, die die Transplantation hämatopoetischer Stammzellen auch für die Regeneration nicht-hämatopoetischer Gewebe einschließen. Möglicherweise muss also die derzeitige Vorstellung der hierarchischen Differenzierung von der hämatopoetischen Stammzelle mit breitem Differenzierungspotenzial zu den reifen Blutzellen der verschiedenen Linien, die in 1 schematisch dargestellt ist, in Zukunft noch erweitert werden.

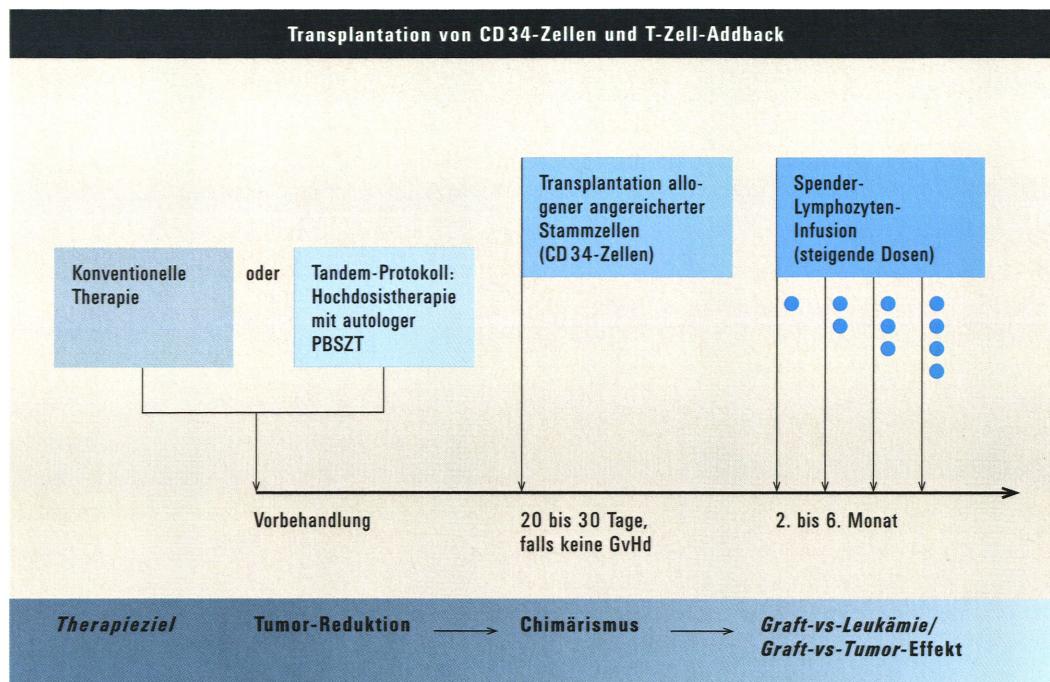
Klinischer Einsatz hämatopoetischer Stammzellen

Die experimentellen Grundlagen für den klinischen Einsatz hämatopoetischer Stammzellen in der Behandlung von Erkrankungen des blutbildenden Knochenmarks wurden in den fünfziger und sechziger Jahren gelegt. Es erwies sich, dass die Transplantation hämatopoetischer Zellen eines Familien-spenders mit passendem Gewebetyp oder auch eines geeigneten nichtverwandten Fremdspenders (allogene Stammzelltransplantation) zur Heilung von Patienten mit Knochenmarksversagen und Leukämien führen kann. Später wurde gezeigt, dass man auch eigene (autologe) Stammzellen therapeutisch einsetzen kann. Sie werden heute zur Regeneration der Blutbildung nach hochdosierter Chemotherapie gegeben und erlauben die Anwendung von zytostatischen, tumorabtötenden Medikamenten in Dosierungen, die so hoch sind, dass sie ohne Transplantation für den behandelten Patienten tödlich wären. Durch diese hochdosierte Chemotherapie in Kombination mit der autologen Stammzelltransplantation sind im Vergleich zu den bisher möglichen Medikamentendosierungen höhere Raten an Tumorkontrolle und Heilungen erreichbar geworden.

Die für die Transplantation einsetzbaren hämatopoetischen Zellen werden aus Knochenmark, aus peripherem Blut oder dem Nabelschnurblut neugeborener Kinder gewonnen. Knochenmark wird durch einen operativen Eingriff – die mehrfache Punktion des Beckenkamms – unmittelbar gewonnen, bis die benötigte Menge von ein bis zwei Litern gesammelt ist. Im peripheren Blut befinden sich unter normalen Bedingungen nur sehr wenige hämatopoetische Stammzellen. Ihre Häufigkeit kann jedoch durch Chemotherapie und die Gabe von Wachstumsfaktoren wie G-CSF (Granulocyte-Colony Stimulating Factor), GM-CSF (Granulocyte-Makrophage-Colony Stimulating Factor), SCF (Stem Cell Factor) oder IL-3 (Interleukin-3) bis auf das Hundertfache gesteigert werden. So kann mit einem normalen Zellseparator, wie er zur Gewinnung von Blutkonserven verwendet wird, in ein bis drei aufeinander folgenden Absammlungen (Leukapheresen) die benötigte Anzahl von mindestens 2×10^6 CD34+-hämatopoetischen Vorläuferzellen pro Kilogramm Körpergewicht gewonnen werden. Diese werden dann in flüssigem Stickstoff bis zur Transplantation eingefroren oder im Falle der allogenen Transplantation dem Empfänger direkt transfundiert.

Die Vorbereitung des Patienten besteht wahlweise aus einer hochdosierten Chemotherapie oder einer Ganzkörperbestrahlung mit dem Ziel, bösartige Zellen abzutöten und (bei allogener Transplantation) das Anwachsen (Engraftment) der transplantierten Zellen zu ermöglichen. 24 Stunden nach Beendigung der zytotoxischen Therapie werden die hämatopoetischen Zellen über einen zentralvenösen Zugang transfundiert. Innerhalb der ersten Tage kommt es dann zu einer Ansiedelung der transplantierten Zellen im Knochenmark des Empfängers. Nach ca. eineinhalb bis drei Wochen beginnen die transplantierten Zellen mit der Neubildung von Blutzellen der verschiedenen Linien. Bei der allogenen Transplantation führt die Übertragung hämatopoetischer Stammzellen eines gesunden, immungenetisch fremden Spenders zu einem Chimärismus, das heißt, die transplantierten Stammzellen siedeln sich in den Markräumen des Empfängers an und produzieren dort Blut von der Blutgruppe und dem Gewebetyp des Spenders. Die Zellen der Immunabwehr, also Lymphozyten und Monozyten sowie Blutplättchen, stammen ebenfalls vom Transplantat. Mit den Lymphozyten kann die Immunität des Spenders auf den Empfänger übertragen werden, was aber möglicherweise im Empfänger eine *Graft-versus-host* (GvH)-Reaktion hervorruft, wenn die Zellen auf die fremden Histokompatibilitätsantigene des Empfängers reagieren. Diese immunologische Reaktion stellt als akute bzw. chronische Graft-versus-Host-Erkrankung die Hauptursache für Mortalität und Morbidität nach der allogenen Transplantation dar, trägt jedoch gleichzeitig zur therapeutischen Wirkung der allogenen Stammzelltransplantation bei, denn es kommt auch zu einer Reaktion des Transplantats gegen bösartige Zellen, die die Vorbehandlung überlebt haben. Es ist sogar wahrscheinlich, dass der Anteil dieser so genann-

Transplantation von CD 34-Zellen und T-Zell-Addback



3

Ansätze zur Trennung von GvH und GvL: Das Konzept der Regensburger Therapiestudie verbindet den Einsatz der Hochdosis-Chemotherapie mit nachfolgender autologer Stammzelltransplantation (PBSZT: Periphere Blutstammzelltransplantation) mit der allo-genen Transplantation, die zum Chimärismus führt und eine adoptive Immuntherapie mit Spenderlymphozyten ermöglicht.

ten *Graft-versus-Leukämie* (GvL)-Reaktion an der Langzeitheilung den Effekt der Konditionierungsbehandlung übertrifft. Patienten mit akuter und chronischer GvH-Reaktion haben weniger Rezidive als Patienten ohne GvH-Erkrankung. Und bei einigen Erkrankungen kann bei Rückfällen durch ausschließliche Infusion von Spender-Lymphozyten zur Induktion eines GvL-Effekts eine erneute Tumorkontrolle erreicht werden.

Die Durchführung einer autologen Transplantation setzt voraus, dass zu irgendeinem Zeitpunkt im Krankheitsverlauf gesunde eigene Stammzellen ohne Beimengung maligner Zellen gewonnen werden konnten. Danach kommt es weder zu einer GvH noch zu einer immunologischen Abwehrreaktion der transplantierten Zellen gegenüber verbliebenen bösartigen Zellen im Patienten. Kandidaten für dieses Therapieprinzip der hoch dosierten Radiochemotherapie mit nachfolgender autologer Stammzelltransplantation sind Patienten mit günstigeren Verlaufsformen akuter Leukämien, Morbus Hodgkin, Non-Hodgkin-Lymphomen, Plasmozytom und manchen soliden Tumoren wie zum Beispiel Keimzelltumoren. Darüber hinaus wird die Hochdosis-Chemotherapie mit autologer Stammzelltransplantation im Rahmen multimodaler Therapiekonzepte bei Sarkomen und – in einer Regensburger Studie von PD Dr. Reichle – auch beim Magenkarzinom untersucht.

Für eine allogene Transplantation kommen Patienten in Frage, bei denen entweder ein nicht behandelbarer Stammzelldefekt oder aber eine fortgeschrittene Grunderkrankung vorliegt, bei der neben gesunden Stammzellen auch der GvL-Effekt zur Heilung benötigt wird und die deshalb das Risiko der gefährlichen GvH-Reaktion vertretbar erscheinen lässt.

Gerade bei der allogenen Transplantation zur Behandlung angeborener kindlicher Erkrankungen ist seit langem bekannt, dass hämatopoetische Stammzellen eines Spenders zur Heilung einer Vielzahl von Defekten eingesetzt werden können. So

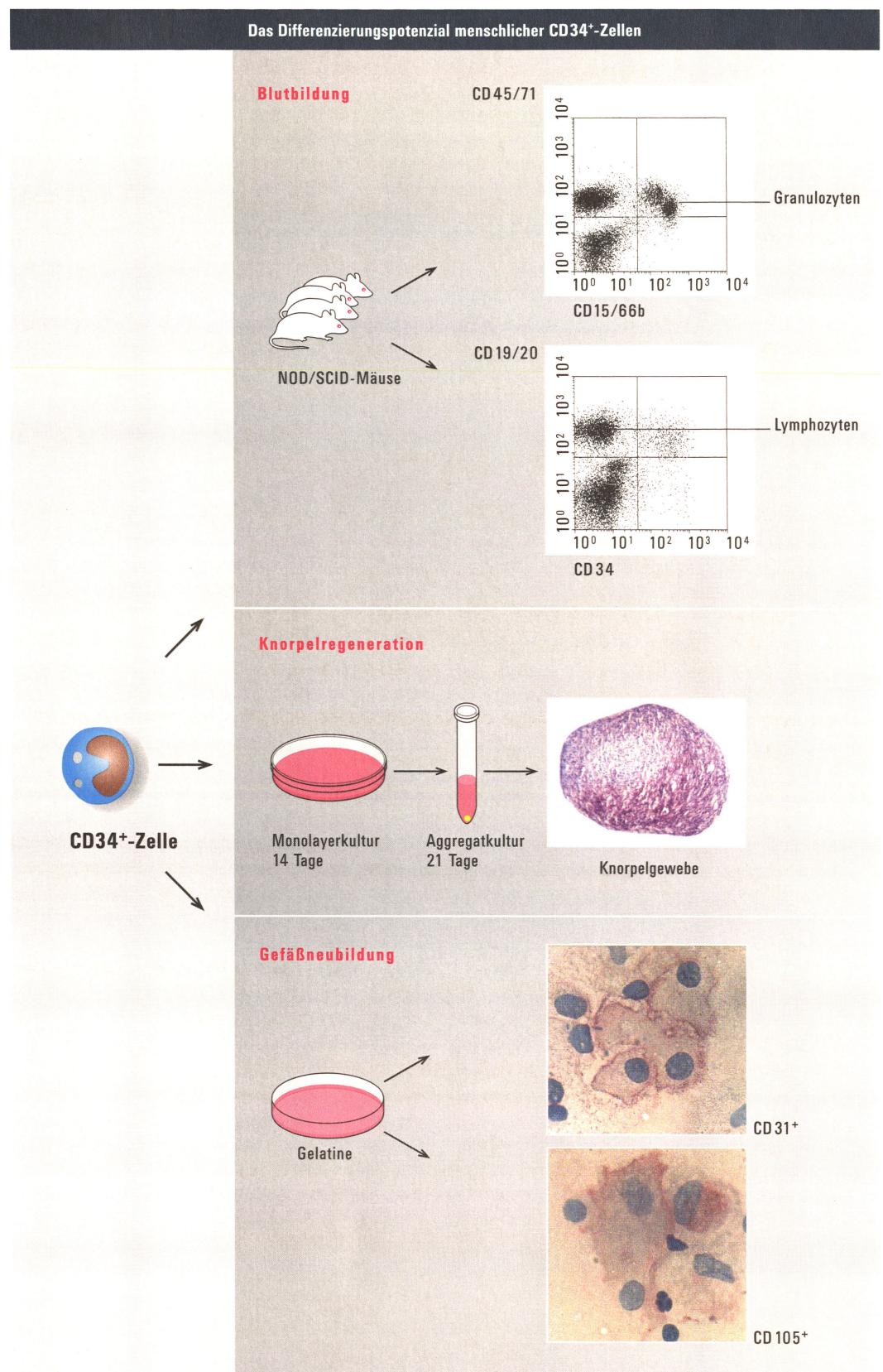
stellen nicht nur angeborene schwere Immundefekte eine Indikation dar, es können vielmehr auch Erkrankungen mit Stoffwechseldefekten wie Mucopolysaccharidosen und Sphingolipidosen sowie Defekte des Knochenstoffwechsels (Osteopetrosen) durch eine Stammzelltransplantation erfolgreich behandelt werden. Grundlage der Therapie ist die Tatsache, dass aus der hämatopoetischen Stammzelle nicht nur die reifen Zellen der Blutbildung und des Immunsystems entstehen, sondern auch die Gewebsmakrophagen, die große Anteile z. B. am Lebergewebe haben und über die dem Körper ein fehlendes Enzym, das für die Stoffwechselerkrankung verantwortlich ist, wieder ersetzt werden kann. Noch eine Stufe weiter geht der Therapieansatz bei der Osteopetrosen, da aus Stammzellen Gewebsmakrophagen und aus diesen dann auch die knochenumbauenden Osteoklasten regeneriert werden, die bei der Osteopetrosen fehlen und zu missgebildeten Knochen mit einer hohen Rate an Frakturen und Schädelmissbildungen führen.

In Regensburg konzentriert sich die klinische Anwendung der Stammzelltransplantation auf die Behandlung erwachsener Patienten mit Knochenmarkserkrankungen: Seit Eröffnung der Abteilung Hämatologie/Internistische Onkologie im Jahr 1993 wurden insgesamt mehr als 600 autologe Stammzelltransplantationen durchgeführt und seit Beginn des allogenen Transplantationsprogramms 1998 mehr als 100 Patienten allogen transplantiert.

Grundlagenforschung und präklinische Entwicklung

In der Abteilung für Hämatologie und Internistische Onkologie am Universitätsklinikum Regensburg wird einerseits in grundlagenorientierten Projekten die Biologie der hämatopoetischen Stammzelle und der immunologischen Reaktion bei der allogenen Stammzelltransplantation untersucht, andererseits werden in klinischen Studien neue Therapiekonzepte bei der autologen und allo-

Das Differenzierungspotenzial menschlicher CD34⁺-Zellen umfasst die Blutbildung (Hämatopoiese) nach Transplantation in NOD/SCID-Mäuse, die Bildung typischer Knorpelzellen (Chondrogenese) und die Bildung von CD31⁺- und CD105⁺-Endothelzellen (Angiogenese). NOD/SCID-Mäuse sind immun-supprimierte Mäuse (Non-Obese Diabetes/Severe Combined Immune Deficiency).



genen Transplantation überprüft.

Die Arbeitsgruppe von PD Dr. Burkhard Hennemann und Dr. Matthias Zaiss beschäftigt sich unter anderem mit der phänotypischen und funktionellen Charakterisierung der hämatopoetischen Stammzellen. So wurde in Regensburg erstmals die Expression der beiden Antigene CD84 und CD32 auf hämatopoetischen Vorläuferzellen beschrieben. In einem weiteren Projekt wird untersucht, inwie weit eine Vermehrung hämatopoetischer Vorläufer-

zellen *in vitro* vor der Transplantation möglich ist, um die Zeit bis zum Angehen des Transplantats nach der Transplantation zu verkürzen und somit die klinischen Komplikationen zu verringern. Das Differenzierungspotenzial hämatopoetischer Stammzellen in andere Gewebe nach Transplantation wird in einem *in-vivo*-Xenograft-Modell untersucht. Hierzu werden Stamm- und Vorläuferzellen aus Nabelschnurblut markiert und anschließend in Mäuse transplantiert, die zuvor radio-

aktiv bestrahlt werden, um die eigene Blutbildung zu unterdrücken und dadurch das Anwachsen der transplantierten Zellen zu ermöglichen. Die Breite des Differenzierungspotenzials der transplantierten Zellen wird an Gewebeschnitten fluoreszenzmikroskopisch untersucht. Mit dem Projekt soll die Basis für die Entwicklung neuer Konzepte der klinischen Transplantation somatischer Stammzellen geschaffen werden.

Die Arbeitsgruppe von Prof. Holler beschäftigt sich vor allem mit der allogenen Stammzelltransplantation sowie der Pathophysiologie und Vorhersage der immunologischen Reaktionen. In klinischen Studien wird versucht, die Steuerbarkeit der allogenen Transplantation durch eine sequenzielle Transplantation angereicherter Spender-Stammzellen und spätere dosierte Rückgabe der immunologischen Effektorzellen zu verbessern sowie Therapieverfahren zu entwickeln, die die Vorteile von autologer und allogener Transplantation ohne Addition der Nebenwirkungen verknüpfen (sequenzielle autologe-allogene Transplantation) **3**.

Isolierung, Differenzierung und Transdifferenzierung humaner Stammzellen

Seit Juni 2001 existiert an der Medizinischen Fakultät der Universität Regensburg ein Arbeitskreis, der sich mit der Untersuchung humaner Stammzellen aus verschiedenen Geweben beschäftigt. Unter Beteiligung von zehn Kliniken und Instituten sollen die Identifikation und die Isolierung pluripotenter und organspezifischer Stammzellen ermöglicht werden mit dem Ziel, das Differenzierungs- und Transdifferenzierungspotenzial dieser Zellen und die daran beteiligten Regulationsmechanismen zu untersuchen.

Der Arbeitsgruppe um PD Dr. Winkler an der Neurologischen Universitätsklinik gelang es, adulte neuronale Stammzellen zu expandieren und in Neurone und Gliazellen zu differenzieren. Es stellte sich heraus, dass neuronale Stammzellen flk-1, einen Rezeptor für VEGF (Vascular Endothelial Growth Factor), exprimieren und folgerichtig durch VEGF zur Proliferation stimuliert werden können. Experimente der Arbeitsgruppe von Dr. Angele in der Abteilung für Unfallchirurgie zeigten, dass auch mesenchymale Stammzellen mit VEGF stimuliert werden können. Und in der Abteilung für Hämatologie und Internistische Onkologie haben Dr. Zaiss und PD Dr. Hennemann hämatopoetische Stammzellen aus Nabelschnurblut mit VEGF expandiert. Möglicherweise sind die verschiedenen Arbeitsgruppen des Arbeitskreises hier auf einen Mechanismus gestoßen, der ein gemein-

sames Element bei der Regulation von Proliferation und Differenzierung von Stammzellen aus unterschiedlichen Organen darstellt. Wie das genau geschieht, wie viele Stufen der Regulation es gibt und wie diese flexibel interagieren, ist noch weitgehend unbekannt. Das Verständnis dieser Prozesse ist für die verschiedenen Arbeitsgruppen des Arbeitskreises ein hochinteressantes gemeinsames Forschungsziel.

Die Ergebnisse der ersten Experimente mit menschlichen CD34-Zellen aus dem Knochenmark, die in Zusammenarbeit zwischen der Abteilung für Hämatologie und Internistische Onkologie und der Abteilung für Unfallchirurgie durchgeführt wurden, deuten darauf hin, dass diese an sich blutbildenden Zellen nicht nur die Fähigkeit besitzen, nach Transplantation in Mäuse zu reifen Blutzellen verschiedener Linien heranzureifen, sondern – unter geeigneten Kulturbedingungen – auch zu Endothelzellen mit typischem Markerprofil oder zu Knorpelzellen **4**. Sollte sich dies bestätigen, wäre ein ganz neuer klinischer Einsatz hämatopoetischer Stammzellen für die Regeneration von Gefäßen und Gelenkknorpeln zum Beispiel nach Verletzungen denkbar. Durch eine einfache Knochenmarkspunktion leicht zu erreichende Stammzellen wären Quelle eines Zellersatzes, der in der Zellkultur vor der Transplantation zum gewünschten Gewebe ausdifferenziert wird.

Die Frage ist also, ob es somatische Stammzellen mit breitem Differenzierungspotenzial gibt, und wie man sie für die Therapie nutzen könnte. Mit diesem Forschungsschwerpunkt will der Arbeitskreis anwendungsorientierte Konzepte für den klinischen Einsatz somatischer Stammzellen erstellen und überprüfen, gleichzeitig aber auch Grundlagenforschung betreiben.

PD Dr. med.

Burkhard Hennemann

geb. 1961 in Köln,
Studium der Medizin in Heidelberg
und Freiburg. 1991 Promotion
an der Medizinischen Fakultät der
Universität Freiburg.

1996–1999 Forschungsaufenthalt
am British Columbia Cancer Center
in Vancouver, Kanada.

2001 Habilitation am Klinikum
Regensburg für das Fach Innere
Medizin. Mitinitiator der Arbeits-
gruppe »Isolierung, Differenzierung
und Transdifferenzierung humaner
Stammzellen« am Klinikum der
Universität Regensburg.

Forschungsgebiet:

Regulation der Differenzierung
und Proliferation hämatopoetischer
Vorläuferzellen sowie genetische
Modulation hämatopoetischer
Stammzellen durch retrovirale
Transduktion.

Prof. Dr. med.

Ernst Holler

geb. 1954 in Bad Reichenhall,
Studium der Humanmedizin,
1981 Promotion an der Ludwig-
Maximilians-Universität in München.
1980–1982 Forschungstätigkeit
im Bereich der experimentellen
Knochenmarktransplantation in der
Arbeitsgruppe von Prof. H. J. Kolb,
LMU München; nach der inter-
nistischen und hämatologischen
Weiterbildung am Klinikum
Großhadern 1993 Habilitation,
seit 1993 auch Funktionsarzt
für die Klinische Knochenmark-
transplantation und Intensivmedizin.
1998 Wechsel an die Abteilung für
Hämatologie/Internistische Onkolo-
gie der Universität Regensburg und
Aufbau der allogenen Stammzell-
transplantation als Oberarzt.

Forschungsgebiete:

Pathophysiologie der *Graft-versus-
Host-Erkrankung* und pulmonaler
Komplikationen nach allogener
Transplantation, Charakterisierung
und klinische Nutzung der
Graft-versus-Leukämie-Reaktion.

Bleiben Jugendsünden für immer?

Die Entfernung von Tätowierungen mit Laser

Blickpunkt

Der Wunsch des Menschen, seine Haut zu schmücken, ist sehr alt, wie man aus Grabbeigaben der Altsteinzeit und aus Felsenmalereien des 7. Jahrtausends vor Christus weiß. In allen Erdteilen und allen Kulturen finden sich auch heute noch die verschiedensten Methoden des Hautschmuckes. Zu nennen sind beispielsweise Schmucknarben, Malereien auf der Haut, Piercings und Tätowierungen.

Außer zur Körperverschönerung dienten Tätowierungen aber auch immer rituellen und religiösen Motiven und in manchen Kulturringen auch der sozialen Kennzeichnung. Der englische Seefahrer James Cook hat im 18. Jahrhundert Tätowierungen bei Eingeborenen des Südpazifiks gesehen und die Technik des Tätowierens in Europa bekannt gemacht. Am Ende des 19. Jahrhunderts waren Tätowierungen weit verbreitet, und auch Mitglieder höherer Gesellschaftsschichten ließen sich teilweise ausgedehnte Hautbilder einstechen. Während Tätowierungen in den letzten Jahrzehnten keinen hohen Stellenwert hatten und Tätowierte eher zu den Randgruppen der Gesellschaft gerechnet wurden, ist in den letzten Jahren eine deutliche Zunahme von Tätowierungen zu beobachten, die speziell bei jungen Menschen in Mode sind.

Prinzipiell müssen Laientätowierungen von professionellen Tätowierungen unterschieden werden. Zur Applikation einer Laientätowierung benutzt man in der Regel spitze Gegenstände, mit denen Tuschen, Tinten sowie Aufschwemmungen von Kohlenstoff in die Haut eingebracht werden, wobei die Farbstoffpartikel sehr tief in die Lederhaut, teilweise sogar bis in das Unterhautfettgewebe gelangen. Die Bilder sind in der Regel sehr einfach, beliebt sind z. B. Namen, Kreuze, Schwerter und Totenköpfe. Bei professionellen Tätowierungen dagegen werden die Pigmente mittels Maschinen wesentlich gleichmäßiger, dichter, aber auch viel oberflächlicher in die Haut gestochen, was zu erhöhter Farbigkeit und Brillanz der Darstellung führt. Neben rein ornamentalen Schmucktätowierungen sind vor allem Abbildungen von Tieren populär.

Professionelle Tätowierer verwenden für schwarze Tätowierungen meist Tusche, für bunte Hautbilder dagegen anorganische Pigmente wie Titan-dioxid (TiO_2 , weiß), Cadmiumsulfid (CdS , gelb), Chromoxid (Cr_2O_3 , grün), Cadmiumselenid ($CdSe$, rot), Quecksilbersulfid (HgS , rot), Eisenoxide (Fe_2O_3 , rot, Fe_3O_4 , schwarz) und Kohlenstoff

(schwarz). In neuester Zeit werden sehr häufig hochwertige industriell hergestellte organische Pigmente eingesetzt (Mono- und Disazofarbstoffe, polyzyklische Farbstoffe aus der Gruppe der Phthalocyanine, Dioxazine und Quinacridone).

Für kosmetische Tätowierungen (d. h. bei weißen, braunen und fleischfarbenen Tönen) eignen sich auch eisenoxidhaltige Pigmente, beispielsweise bei der Lippenverbreiterung. Unterschiedliche Farbtöne und Schattierungen können dabei durch Beimischung von Zusatzstoffen wie Titandioxid erreicht werden. Die Zusammensetzung der für die Tätowierungen verwendeten Farben ist je nach Hersteller und Anwender extrem unterschiedlich und letztendlich dem Tätowierten unbekannt, da weltweit keinerlei gesetzliche Bestimmungen und keine Deklarationspflicht bestehen.

Die Tatsache, dass schätzungsweise drei bis fünf Prozent der US-Amerikaner tätowiert sind, zeigt die Popularität von Tätowierungen. Weil viele Tätowierte aus unterschiedlichen Gründen und nach unterschiedlich langer Zeit ihre Tätowierung im Nachhinein als störend empfinden, stellt sich das Problem der Entfernung außerordentlich häufig. Vor Einführung der Laser wurden Tätowierungen mittels großflächiger Exzision der tätowierten Haut oder mittels hochtourigen Schleifens beseitigt. Diese Verfahren waren mit einem mehr oder weniger großen Risiko der Narbenbildung behaftet. Anfang der neunziger Jahre wurde erstmals über die Entfernung von Tätowierungen mit Lasern berichtet, die nach dem Prinzip der selektiven Photothermolyse arbeiten. Für dieses Verfahren ist ein Laser notwendig, dessen Wellenlänge sehr stark von der Zielstruktur, sprich der Farbe in der Haut, absorbiert wird und der kurze, intensive Lichtblitze mit Dauern von Nanosekunden (10^{-9} Sekunden) aussendet. Damit ist es möglich, die Lichtenergie auf die Farbpartikel in der Haut zu konzentrieren, ohne die bedeckende Oberhaut und die umgebende Lederhaut zu schädigen. Unter dem Einfluss der hochenergetischen Lichtblitze des Lasers kommt es zu einer Zerkleinerung der Pigmentpartikel in der Haut und somit zu einem Abtransport von Pigment über die Hautoberfläche oder die Lymphe in die Lymphknoten, aber auch zu chemischen Reaktionen der Farbpartikel, die eine Farbänderung der Tätowierung bewirken.

Diese chemischen Reaktionen können sowohl zu einer Aufhellung als auch zu einem dunklen Farbumschlag führen. Letzteres wurde vor allem für Tätowierungen nachgewiesen, die Fe_2O_3 enthalten.

In eigenen Untersuchungen wurden 41 Farbstoffe aus verschiedenen Tätowierungsstudios gemeinsam mit Prof. Dr. Jürgen Sauer und Prof. Dr. Burkhard König und ihren Mitarbeitern vom Lehrstuhl für Organische Chemie der Universität Regensburg analysiert. Unter diesen 41 Farbstoffen fanden sich 16 definierte chemische Substanzen. Für diese wurden die Absorptionskurven gemessen und die Kristallgrößen und -formen im Rasterelektronenmikroskop bestimmt. Es zeigte sich, dass erstens rote Pigmente unterschiedliche Absorptionskurven aufwiesen und dass zweitens

identische chemische Substanzen von unterschiedlichen Herstellern gelieferte identische chemische Substanzen grundverschiedene Kristallgrößen und -formen aufwiesen. Dieser Befund erklärt, warum bei einem Teil der Patienten rote Farbtöne in der Tätowierung mit Hilfe einer Laserbehandlung entfernt werden können, während dies bei anderen Rottönen nicht gelingt.

Für die Entfernung von Tätowierungen stehen heute verschiedene Lasersysteme zur Verfügung. Grundvoraussetzung für den Erfolg ist stets, dass das Tätowierungspigment das Licht des Lasers

Sollte der Dermatologe hier Abhilfe schaffen, hätte er harte Arbeit vor sich – doch denkt der so flächendeckend Tätowierte nicht einmal im Traum daran, sich von diesem farbenprächtigen Hautschmuck zu verabschieden, der sein ganzer Stolz ist; in seinen Augen ist das Kunstwerk zeitlos wunderschön.



Die Entfernung dieser Tätowierungen – nach Bildmotiven, verwendeter Tusche und Technik ein typisches Werk von Laien – erforderte zehn Behandlungen mit dem Rubinlaser.



Prof. Dr. med.

Michael Landthaler

geb. 1948 in Glonn.

Medizinstudium und Facharztausbildung an der Dermatologischen Klinik (Prof. Dr. Braun-Falco) der Ludwig-Maximilians-Universität München; 1984 Habilitation über Laseranwendungen in der Dermatologie. 1988 C3-Professur an der LMU München.

Seit 1991 Lehrstuhl für Dermatologie an der Universität Regensburg.

Forschungsgebiete:

Laseranwendungen, Photodynamische Therapie, Dermatoonkologie.

absorbiert. Blaue und schwarze Pigmente wie beispielsweise Tusche absorbieren alle verwendeten Wellenlängen relativ stark und lassen sich deshalb meist gut entfernen. Im Gegensatz dazu zeigen farbige Tätowierungspigmente extrem unterschiedliche Absorptionseigenschaften, so dass für die Entfernung mehrfarbiger Tätowierungen zumeist mehrere Lasersysteme notwendig sind.

Wie die Erfahrungen aus der Laserbehandlung von über 700 Tätowierten zeigen, lassen sich Laientätowierungen relativ gut entfernen. In der Regel sind fünf bis zehn Behandlungen notwendig. Allerdings kommt es dabei gelegentlich zu

einer Aufhellung der behandelten Hautflächen, die die Kontur der Tätowierung noch erahnen lässt. Narbenbildung wurde bei weniger als 0,5 Prozent der Patienten beobachtet.

Im Gegensatz zu den Tuschetätowierungen sind professionelle Tätowierungen mit unterschiedlichen Farben wesentlich schwerer zu behandeln, weil die professionellen Tätowierer die Farben erstens dichter stechen und die unterschiedlichen Farben zweitens unterschiedliche Laser zur Entfernung erfordern.

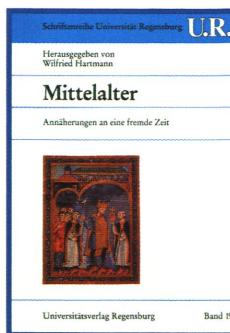
Verbesserungen der Entfernungsmöglichkeiten sind jedoch denkbar, beispielsweise liegen neuerlich erste Ergebnisse mit Lasern vor, die extrem kurze Impulszeiten in der Größe von Femto-Sekunden (10^{-15}) aufweisen. Denkbar wäre es auch, qua Gesetz Tätowierungsfarbstoffe vom Markt zu nehmen, die nicht auf die Lasertherapie ansprechen oder bei deren Entfernung toxische oder gar karzinogene Substanzen entstehen. In den Vereinigten Staaten wird sogar daran gedacht, neue Tätowierungsfarben zu produzieren, die von der Struktur her so beschaffen sind, dass sie sich leicht mit Lasern entfernen lassen.

Wie die Erfahrung zeigt, wurde mit der Lasertechnik bei der Entfernung von Tätowierungen ein großer Fortschritt erzielt. Aus der Sicht des Dermatologen ist es trotzdem empfehlenswert, auf jegliche Schmucktätowierungen zu verzichten, da es unsicher ist, ob sie wieder entfernt werden können, und außerdem unvorhergesehene Reaktionen möglich sind. Dies zeigt sich exemplarisch an der Unsitte der temporären Tätowierungen (Tempootos), die sich zunehmender Beliebtheit erfreuen und vor allem jüngeren Touristinnen in den Urlaubsgebieten der Mittelmeerländer auf die Haut gemalt werden. Als Nebenwirkung dieses 'Hautschmuckes' haben viele Patienten schwere Kontaktallergien entwickelt, die sie unter Umständen lebenslang beeinträchtigen können.

Literatur zum Thema und Bildnachweis ► Seite 68

Schriftenreihe der Universität Regensburg U.R.

Neue Einsichten ins Mittelalter



Wilfried Hartmann (Hrsg.)

Mittelalter

Annäherungen an eine fremde Zeit

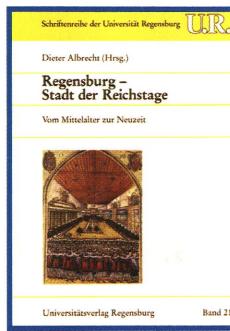


144 Seiten, kartoniert,
ISBN 3-9803470-0-1
mit Abbildungen, €uro 12,90

Im streten Bezug zu heute führen fünf bedeutende Mittelalterforscher des deutschen Sprachraumes die wichtigsten Aspekte des Lebens und Denkens dieser geschichtlichen Epoche vor. Eine fremde Zeit rückt uns näher.

„Der Band repräsentiert insgesamt wichtige Elemente einer aufschlussreichen Sicht des Mittelalters durch prominente Vertreter der historischen Mediävistik.“ (Mitteilungen des Instituts für Österreichische Geschichtsforschung).

Vorläufer des deutschen Parlaments?



Dieter Albrecht (Hrsg.)

Regensburg – Stadt der Reichstage

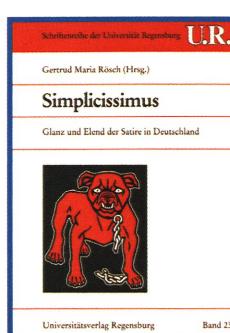
Vom Mittelalter zur Neuzeit



192 Seiten, kartoniert,
ISBN 3-9803470-9-5
mit Abbildungen, €uro 14,90

Durch die Ständeversammlungen wurde der Gedanke wenn nicht individueller, so doch korporativer Freiheit durch die Jahrhunderte getragen. Seit 1582 haben sämtliche Reichstage in Regensburg stattgefunden. Mit Recht war Regensburg immer stolz darauf, eine Stadt der Reichstage und schließlich die Stadt des immerwährenden Reichstags gewesen zu sein.

Ein höchst facettenreiches Bild der Satire in Deutschland



Gertrud Rösch (Hrsg.)

Simplicissimus

Glanz und Elend der Satire in Deutschland



216 Seiten, kartoniert,
ISBN 3-930480-41-7
mit Abbildungen, €uro 22,90

Zum 100. Geburtstag des Simplicissimus erscheint der vorliegende Tagungsband eines internationalen und interdisziplinären Kolloquiums des Instituts für Germanistik an der Universität Regensburg. In 14 informativen und anschaulich geschriebenen Einzelbeiträgen entsteht ein höchst facettenreiches Bild vom Glanz und Elend der Satire in Deutschland.

Herausgegeben vom Rektor der Universität Regensburg
Überall im Buchhandel oder über Bestell-Hotline 0800 / 33 44 33 0

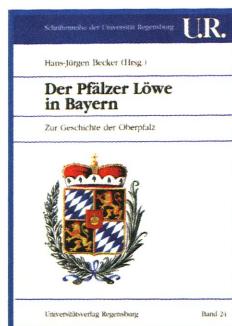
UNIVERSITÄTSVERLAG REGENSBURG
www.uni-verlag-rgb.de

Wichtige Ereignisse der Oberpfälzer Geschichte

Hans-Jürgen Becker (Hrsg.)

Der Pfälzer Löwe in Bayern

Zur Geschichte der Oberpfalz
in der kurpfälzischen Epoche



Die im vorliegenden Band enthaltenen Aufsätze beleuchten – auf der Grundlage von neuen Quellenfunden – Ereignisse der oberpfälzischen Geschichte, in denen die Entwicklung von Region und Wirtschaft, von Kultur und Konfession, von Verfassung und politischer Struktur im Zeitraum 1329 bis 1648 schwerpunkt-mäßig sichtbar werden.

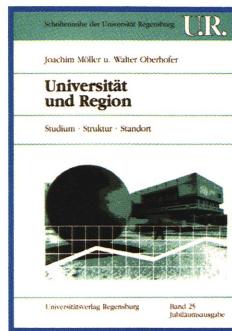
224 Seiten, kartoniert,
ISBN 3-930480-42-5
mit Abbildungen, €uro 22,90

30 Jahre Universität Regensburg

Joachim Möller und Walter Oberhofer

Universität und Region

Studium, Struktur, Standort



Die vorliegende Studie untersucht in enger Zusammenarbeit mit regionalen Wirtschaftsunternehmen und Studierenden die Bedeutung der Universität als Wirtschafts- und Standortfaktor für die umliegende Region. Ergänzend dazu wird die Funktionsweise des „Systems Universität“ analysiert. Das Beispiel der Universität Regensburg hat dabei Modellcharakter, die Ergebnisse sind auf andere Regionen übertragbar.

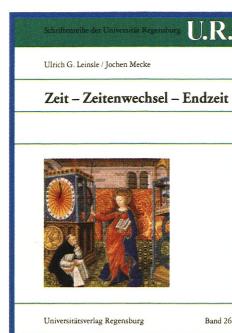
224 Seiten, kartoniert,
ISBN 3-930480-66-2, zahlreiche
graphischen Darstellungen, €uro 22,90

Was ist die Zeit?

Ulrich G. Leinsle und Jochen Mecke (Hrsg.)

Zeit – Zeitenwechsel – Endzeit

Zeit im Wandel der Zeiten, Kulturen,
Techniken und Disziplinen



„Was also ist Zeit? Wenn niemand mich danach fragt, weiß ich es; wenn ich es jemandem auf seine Frage hin erklären soll, weiß ich es nicht“, seufzte schon Augustinus. Das Millennium bot willkommenen Anlass, über alte und neue Zeitenwenden und über Zeit selbst nachzudenken. Die vorliegenden zwölf Beiträge beschäftigen sich mit dem Phänomen „Zeit“ aus den Blickwinkeln von Theologie, Anthropologie, Philologie, Literatur-, Geschichts- und Musikwissenschaften sowie der Physik. Aufgegriffen werden Schlagworte wie Zeitmangel, Chaostheorie und Endzeitvisionen: Reflexionen über Zeit, ihren Wandel und ihr mögliches Ende.

212 Seiten, kartoniert
ISBN 3-930480-43-3
€uro 22,90

Herausgegeben vom Rektor der Universität Regensburg
Überall im Buchhandel oder über Bestell-Hotline 0800 / 33 44 33 0

UNIVERSITÄTSVERLAG REGENSBURG
www.uni-verlag-rgb.de

Die Etikette der Gleichheit

Political correctness

im englischen Sprachgebrauch

Englische Linguistik

Das Phänomen *political correctness* wird schon seit einigen Jahrzehnten immer wieder thematisiert und hat bis heute noch nicht an Brisanz eingebüßt. Die teilweise hochemotionale Diskussion über *political correctness* wird kontrovers geführt; vieles spricht für, vieles aber auch gegen *political correctness*. Tatsächlich ist *political correctness* im Sprachgebrauch ganz und gar nicht so weit verbreitet, wie die hitzige Debatte zu diesem Thema erwarten ließe. Untersucht man ›politisch korrekte‹ und ›nicht politisch korrekte‹ bzw. herkömmliche Ausdrucksweisen in einer britischen und einer nordamerikanischen Tageszeitung, dann wird deutlich, dass sich *political correctness* nur in einigen wenigen Fällen wirklich durchgesetzt hat. Die Verwendung ›politisch korrekter‹ Formulierungen belegt, dass sowohl soziale Minderheiten als auch der Wandel der weiblichen und männlichen Rollen in unserer Gesellschaft zunehmend ins Bewusstsein rücken und achtsamer wahrgenommen werden, was in jedem Fall eine positive Entwicklung darstellt.

»Eine Gefahr für die Demokratie«, »Die Diktatur der Guten«, »Terror im Namen der Tugend«, »Nabelschau der Selbstgefälligen«, »Mogelpackung für Schönredner«: so lauten die Titel oder Untertitel einiger deutscher Bücher zu *political correctness*, und sie sind Beispiele für die heute weit verbreitete negative Haltung gegenüber *political correctness*. Zwei Kritikpunkte lassen sich so gleich erkennen: *political correctness* sei eine gesellschaftliche Bedrohung und *political correct-*

1

»DWEMs« aus dem nicht immer ernst zu nehmenden Wörterbuch »The Official Politically Correct Dictionary and Handbook« (Henry Beard, Christopher Cerf, New York 1993).

ness sei ein Schwindel. Die gesellschaftliche Bedrohung wird in dieser Argumentation linken und alternativen Gruppen zugeschrieben, wie folgende (ins Deutsche übersetzte) Definition von *political correctness* verdeutlicht, die sich im Jahrbuch der ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA von 1992 findet: »Ein herabsetzender Begriff, mit dem eine lockere Verbindung von Feministinnen, Marxisten, so genannten Multikulti und Alternativen ihre übereinstimmend linksgerichteten Positionen bezüglich Rasse, Sexualität, Geschlecht, sozialer Klasse, Umwelt und ähnlicher Bereiche vertritt.« Der zweite Kritikpunkt wird insbesondere gegen ›politisch korrekte‹ Sprache ins Feld geführt. Man vergleiche beispielsweise folgende Beschreibungen ›politisch korrekter‹ Sprache aus dem DEUTSCHEN PHRASENLEXIKON: »Sprachverrenkungen, Neusprech-Wörter, Wortschwall, Wortgeklingel, Wortgebimmel, Worddunst, Wortschaum, Schaumschlägerei, Geschmuse, Geseire, Geschwätz, Gequassel, Leeres Stroh, Spreu, Kaff, Quark, Schall und Rauch.« *Political correctness* ist dieser Lesart zufolge dem Schein und nicht dem Sein verschrieben und steht damit schlicht und einfach für Unaufrichtigkeit und Sprachzensur. Darauf hinaus werden die »Sprachverrenkungen« der *political correctness* als Deckmäntelchen für eigene Fehler und Schwächen interpretiert, die anderen in die Schuhe geschoben werden. Leider geht hierbei der brauchbare Kern der politischen Korrektheit verloren: sich der gesellschaftlichen Diskriminierung anderer bewusst zu werden, Taktlosigkeiten zu vermeiden und bereits im Sprachgebrauch entsprechende Rücksichtnahme zu üben.

dominant culture. Mainstream.¹⁰² Example: *As a result of the Supreme Court's controversial Brown decision of 1954, Ntsoke was required to attend a dominant culture school.*

DWEMs. Dead white European males, who were not only responsible for creating the vast majority of the irrelevant art, literature, and music that still form the core of the modern university curriculum, but also conspired to formulate the dominant patriarchal industrial order.¹⁰³

Plato, a dead white European male.



Soziohistorische Aspekte der *political correctness*

Angeblich entstand der Ausdruck *political correctness* Anfang des 20. Jahrhunderts in marxistischen Kreisen, wo er als eine Art Gütesiegel für Linientreue verwendet wurde. Als eine weitere mögliche Quelle wird Mao Tse-tung genannt, der in seiner roten Bibel fragt, wo »korrekte Ideen« herkämen. In der Folge wird der Begriff aber selbst unter Marxisten ironisch als Euphemismus für eigenes Duckmäusertum gebraucht. In den sechziger Jahren entwickelte sich dann in den USA das Gedankengut der *political correctness* im Zuge der Reform- und Bürgerrechtsbewegung. In einer ersten Phase orientierte man sich an den Idealen des liberalen Humanismus; danach wendete man sich aber wieder von dieser Denktradition ab, was in der Folge zu separat agierenden politischen Bewegungen wie der Frauen- und Homosexuellen-

bewegung, dem ethnischen Erwachen und dem schwarzen Nationalismus führte. Unter dem Einfluss von Poststrukturalismus und Dekonstruktivismus gelangten viele zu der Ansicht, dass die Menschen allein nach Rasse, ethnischer Herkunft und Geschlecht zu klassifizieren seien, eine Akzentverschiebung, die schließlich zur Bewegung der *political correctness* führte. Deren Interpretation zufolge gibt es die Kultur der schwarzen Männer, der schwarzen Frauen, der Homosexuellen usw. – und alle diese Kulturen sind mit dem Establishment in einen Machtkampf verstrickt. Erst wenn die Vorherrschaft der weißen Männer beendet ist, so heißt es, werde die Gleichberechtigung aller Kulturen möglich.

Anfang der neunziger Jahre begannen einige nordamerikanische Universitäten, anlässlich rassistisch motivierter Übergriffe auf dem Campus eine intensive Debatte über *political correctness* zu führen. Diese Debatte mündete vor allem in universitätsinternen Festschreibungen akzeptablen Sprachgebrauchs und Veränderungen des Lehrangebots. Ferner führte sie zu einer erneuten intensiven Beschäftigung mit *political correctness* auch in anderen Bereichen des öffentlichen Lebens. Zum Beispiel nahmen eine Reihe von Tageszeitungen in ihre Stilvorschriften erstmals auch »politisch korrekte« Ausdrücke mit auf.

Die Befürworter der *political correctness* an den amerikanischen Universitäten forderten im wesentlichen vier Maßnahmen:

1 Sprachzensur

Beleidigende oder diskriminierende Äußerungen, wie z.B. sexistische oder rassistische Ausdrücke (*hate speech*), sind zu vermeiden oder in Form verbindlicher Regelungen akzeptablen Sprachgebrauchs (*speech codes*) zu verbieten.

2 Anti-Eurozentrismus

An Schulen und Universitäten soll der inhaltliche Schwerpunkt im Literaturunterricht von den so genannten DWEMs (*dead white European males*), wie Plato, Aristoteles, Shakespeare, Dante oder Goethe, auf nicht-europäische Kulturen verlagert werden **1**. Hier hat sich speziell der Afrozentrismus hervorgetan, der afrikanische Kulturen als neues Vorbild propagiert.

3 Affirmative Action

Durch Quotenregelung erhalten Minderheiten leichter Zugang zu Bildungseinrichtungen wie den Universitäten. Es zählt nicht mehr nur die Leistung, sondern auch Hautfarbe, Herkunft und Geschlecht.

4 Dekonstruktivismus

Hierarchische Strukturen werden abgelehnt. Bezogen auf den Literaturunterricht bedeutet dies z.B., dass jegliche Literatur im Unterricht verwendet werden kann.

Die Einführung explizit ausformulierter Sprachreglementierungen führte in Amerika zu einer Reihe von Gerichtsprozessen, in denen Gegner und Befürworter von *political correctness* gegeneinander antraten. Die Gerichte kamen zu dem Ergebnis, dass die Universitäten zwar diskriminierende Handlungen sanktionieren könnten, nach Maßgabe der Redefreiheit jedoch keinerlei



Vorschriften bezüglich eines für adäquat geltenden Sprachgebrauchs aufstellen dürften. Daraufhin zogen die betroffenen Universitäten ihre *speech codes* zurück und beschränkten sich darauf, in ihren Richtlinien nicht-diskriminierendes Verhalten vorzuschreiben.

In dieser Zeit kam der Begriff *political correctness* mit der Berichterstattung solcher Fälle nach Deutschland. Formen der sprachlichen Änderungen wurden zunächst aus dem Amerikanischen entlehnt. Themenbereiche waren vor allem die Gleichstellung der Geschlechter und der Umgang mit Ausländern bzw. Fremden. Auch hier breitete sich das Gedankengut der *political correctness* aus und erfasste beispielsweise die Umwelt- und Friedenspolitik.

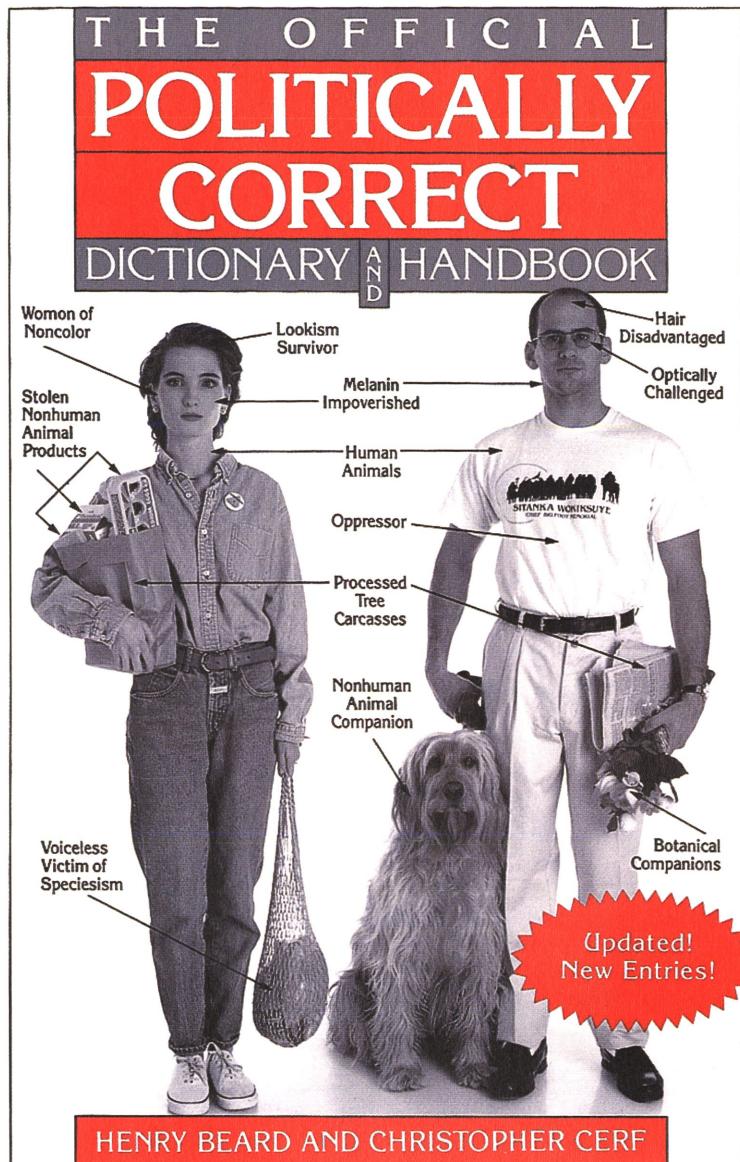
Die oft als übertrieben und engstirnig empfundenen Forderungen der Befürworter von *political correctness* hatten zur Folge, dass man begann, sich über *political correctness* lustig zu machen. Es wurde zu einem Sport, humorvolle oder ironische »politisch korrekte« Ausdrucksweisen zu erfinden. *Political correctness* bedeutete ab jetzt naiv-rechthaberisch, nett, aber peinlich, beschränkt und bemüht das Richtige tun zu wollen. Diese Uminterpretation des Begriffs fand nicht nur in Amerika, sondern auch in anderen Teilen der Welt ihre Anhänger. In der Osterausgabe 2000 der FAZ erschien beispielsweise ein Artikel mit der Überschrift: »Weicheier zum Osterfest« **2**. Hier sind keine echten weichen Eier gemeint, sondern »Fanatiker der *political correctness*.« Unter der Internet-Seite www.weichei.de findet man inzwischen über 3000 negativ getönte oder humoristische Begriffe für besagte Spezies.

Auswirkungen auf die Sprache

Die »politisch Korrekten« ersetzen Wörter oder Phrasen, die ihrer Meinung nach unterschiedliche Minderheiten diskriminieren, mit anderen Ausdrücken. Hier seien einige Beispiele genannt,

2

Die »politisch Korrekten« als Weicheier
(Greser & Lenz, Osterausgabe 2002, Frankfurter Allgemeine Zeitung).



3
Titelseite des humoristischen Wörterbuchs »The Official Politically Correct Dictionary and Handbook« (Henry Beard, Christopher Cerf, New York 1993).

die dem amerikanischen Wörterbuch »THE OFFICIAL POLITICALLY CORRECT DICTIONARY AND HANDBOOK« (Henry Beard, Christopher Cerf, New York 1993) entnommen sind **3**. Die folgenden Wortlisten enthalten ethnische Bezeichnungen, nicht-sexistische Begriffe inklusive Berufsbezeichnungen und so genannte menschliche Herausforderungen:

Ethnische Bezeichnungen (Bindestrich-Amerikaner)	
politisch korrekt	politisch inkorrekt
African-American	Black
Native American	Red Indian
oder besser Cherokee, Iroquois, Navajo	
oder indigenous people	
Inuit (Canada)	Eskimo
oder Aleut, Inupat, Yupik	
oder Native Alaskan	
Asian-American	Oriental
Caucasian, white person	White man
oder person of non-color	

Die neuen Begriffe werden gewünscht, weil die alten Begriffe stigmatisiert sind. Ein Schwarzer möchte nicht nur über seine Hautfarbe eine Identität bekommen, sondern er wird durch seine Herkunft geprägt. Er ist folglich ein Afro-Amerikaner, und der weiße Amerikaner wird entsprechend zum Kaukasier (allerdings könnte dieser Begriff umgekehrt von einem aus z.B. Italien stammenden Amerikaner als diskriminierend empfunden werden). Da Indianer und Eskimos unterschiedlichen Stämmen angehörten, ist es wünschenswert, diese mit ihrer Stammesbezeichnung zu benennen. Der Begriff *Eskimo* ist deswegen verpönt, weil er zum einen von den Weißen stammt und zum anderen die Inuit irrtümlich glaubten, dass er jemanden bezeichnet der rohes Fleisch isst.

Nicht-sexistische Ausdrücke	
politisch korrekt	politisch inkorrekt
firefighter	fireman
chair(person)	chairman
humanity, humankind	mankind
craft skill	craftsmanship
the English	Englishmen
walkperson	walkman
iceperson	iceman
companion	girl-/boyfriend
snow human 4 , snow person	snowman

Die neuen Begriffe machen vor allem deutlich, dass sich die Rolle der Frau im öffentlichen Leben gewandelt hat. Die Silbe *-man* ist eben nicht generisch interpretierbar, d. h., sie bezieht sich nicht auf Männer und Frauen gleichermaßen. Die Begriffe von *walkperson* bis zu *snow person* sind allerdings nicht ernstzunehmen, sondern gehören zu den witzigen Randerscheinungen der *political correctness*. Die Grenze zwischen ernstzunehmenden und humorvollen Bildungen ist allerdings nicht leicht zu ziehen, weil sie vom politischen Standpunkt und der sprachlichen Achtsamkeit des Sprechers abhängt. Es erscheint aber absurd, nicht belebten Objekten wie dem Walkman und dem Schneemann mit dem Wortbildungselement *-person* einen menschlichen Status zuzuerkennen.

Menschliche Herausforderungen	
politisch korrekt	politisch inkorrekt
optically inconvenienced	near-sighted oder far-sighted
optically challenged	blind
physically challenged	physically disabled
differently challenged	handicapped
horizontally challenged	obese
oder differently sized	
vertically challenged 5	shorter or taller than average
hair disadvantaged	bald
chemically inconvenienced	under the influence of alcohol or drugs
motivationally dispossessed	lazy

Für den allgemeinen Sprecher enthält die dritte Wortliste fast nur spaßvolle Wortbildungen, die wohl dem Bedürfnis, *political correctness* lächerlich zu machen, oder auch der Freude am Wortspiel entsprungen sind.

Folgende Fragen stellen sich angesichts dieser mehr oder weniger ernstzunehmenden Wortbildungen: Sind diese Ausdrücke nicht lediglich Euphemismen, die die wahren Tatsachen verschleiern? Inwieweit kann sprachliche Veränderung überhaupt gesellschaftliche Wertvorstellungen oder gar Gedanken ändern? »Leave your language alone« war ein Leitsatz eines amerikanischen Linguisten, um die Sprachpuristen in ihre Schranken zu weisen. Welche Art von Sprachpurismus liegt hier vor, und wer schreibt ihn vor? Und inwieweit setzen sich solche Vorschriften überhaupt durch?

Political correctness: **pro und kontra**

Diese und andere Fragen sind in der Debatte um *political correctness* lebhaft und nicht ohne Polemik diskutiert worden. Die Befürworter argumentieren, dass *political correctness* den Schaden beheben würde, der den unterdrückten Minderheiten durch die Sprache der Überlegenen entstanden sei. Jetzt endlich könnten marginalisierte Minderheitenkulturen mindestens den gleichen Status wie westliche Kulturen erhalten. Da Diskriminierung und Rassismus nicht von selbst verschwinden, müsste das Ansehen der Minderheiten durch gezielte Schutz- und Fördermaßnahmen verbessert werden. Die Gegenseite würde jedoch das Phänomen der *political correctness* übertreiben und in einem falschen Licht darstellen.

Die Gegner argumentieren, dass *political correctness* gegen die Redefreiheit verstöße, die in der Verfassung niedergelegt ist. Außerdem sei *political correctness* nichts anderes als Sprachkosmetik, die von den wahren Problemen der Gesellschaft ablenke. Ferner würde durch *political correctness* eine neue ethnische, kulturelle und akademische Apartheid entstehen, die Minderheiten erst recht zu Außenseitern mache. Es wird argumentiert, dass *political correctness* einseitig, ungerecht und intolerant sei und sowohl Konformitätsdruck als auch ein Klima der Einschüchterung erzeuge **6**.

Zwei Fragen, die sich mit der Auswirkung sprachlicher Veränderungen befassen, seien hier genauer diskutiert: Ist *political correctness* lediglich Sprachkosmetik? Diese Frage würde ich verneinen. Die Zuordnung von Wortform und Wortbedeutung ist zwar eine Angelegenheit von Konventionen. Jedoch beeinflussen sich Sprache und Kultur gegenseitig, wie die Anthropologen Edward Sapir und Benjamin Lee Whorf gezeigt haben. Sprache ist zum einen ein Ausdruck dessen, wie eine Gesellschaft sich und die äußere Welt wahrnimmt, und sie prägt zum anderen auch diese Wahrnehmung. – Bedeutet *political correctness* Sprachzensur? Eher nicht. Damit sich ein neuer Begriff etablieren kann, müssen eine ganze Reihe von Voraussetzungen erfüllt sein. Zum Beispiel muss ein Bedarf an einer neuen Sache oder einem neuen Konzept bestehen; der neue Begriff muss von namhaften Personen aufgegriffen werden und in den Medien verbreitet wer-

snowman. Snowhuman; snowhufem; snow person; person of snow; snow icon.

A snowhuman.



spacey. Differently focused.

spendthrift. Negative saver.

spouse. Significant other; partner.

stoned. Chemically inconvenienced.

stupid. Cerebrally challenged; mentally challenged; differently logical.

substitutes. Others. The new term was instituted by Rick Burns, coach of the Mount Holyoke College women's soccer team, after players protested that the word "substitutes" was demeaning to those who just happened to be less skilled.⁶⁸

vertically challenged. Shorter, or taller, than average.⁴³⁶ Also: vertically inconvenienced; vertically constrained.⁴³⁷

Tom Thumb, a vertically challenged person, entertains his friends, Queen Victoria and Prince Albert.



vis. See: ve.

vocally challenged. Mute.⁴³⁸ See also: orally challenged.

den, und er muss prägnant und griffig sein. In der Geschichte der Sprachen haben Versuche, Sprachgebrauch vorzuschreiben, nur wenig gefruchtet.

Welcher Standpunkt eingenommen wird, bleibt letztendlich dem jeweiligen Individuum und dessen politischer Einstellung überlassen. Mir selbst erscheint jedoch eine moderate Version der *political correctness* fruchtbar zu sein. Sie führt zu mehr Sprachbewusstheit und zu mehr Achtsamkeit gegenüber anderen. Jedoch ist eine extreme Form

4 5

Die Begriffe »snow human« und »vertically challenged« aus **3**.

6

Die Gegner behaupten, dass mit *political correctness* die Redefreiheit zur Strecke gebracht wird.



von *political correctness* als Sprachvorschrift nicht wünschenswert und hat in einer aufgeklärten Demokratie keinen Platz. Die folgende Untersuchung bestätigt dies: nur wenige ›politisch korrekte‹ Begriffe haben sich überhaupt in der Allgemeinsprache durchgesetzt.

Die Verbreitung ›politisch korrekter‹ Sprache

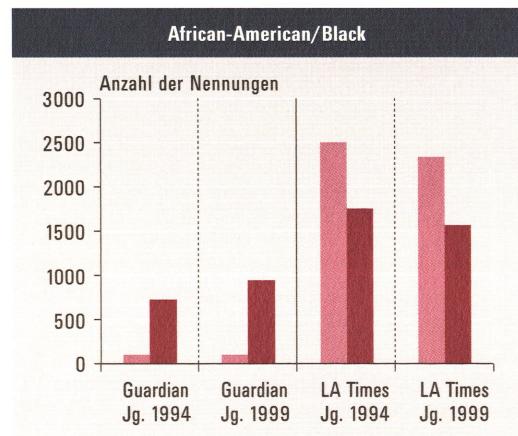
Ob sprachliche *political correctness* tatsächlich Fuß gefasst hat, kann mittels einer korpusgestützten linguistischen Analyse ermittelt werden. In der noch relativ jungen Korpuslinguistik (einem empirischen Ansatz innerhalb der Linguistik, der mit der Computertechnologie groß wurde) untersucht man bestimmte linguistische Phänomene in einer großen Auswahl von repräsentativem Sprachmaterial (dem Sprachkorpus) auf ihre Verbreitung, Kontext, Bedeutung oder Funktionen hin. Beim Vergleich von sprachlichen Daten aus älteren mit jüngeren Textkorpora können außerdem sprachliche Veränderungen aufgespürt und beobachtet werden. Während die ersten Sprachkorpora der siebziger Jahre lediglich eine Million Wörter umfassten, bestehen heutige Sprachkorpora dank den Fortschritten in der elektronischen Datenverarbeitung aus Billionen von Wörtern aus den unterschiedlichsten Textsorten und Themenbereichen.

Repräsentative Datensammlungen von sprachlichen Texten können über einen gewissen Zeitraum hinweg auf ›politisch korrekte‹ und inkorrekte Begriffe hin untersucht werden, so wie sie im amerikanischen politisch-korrekt Wörterbuch angegeben sind. Große Textkorpora stehen

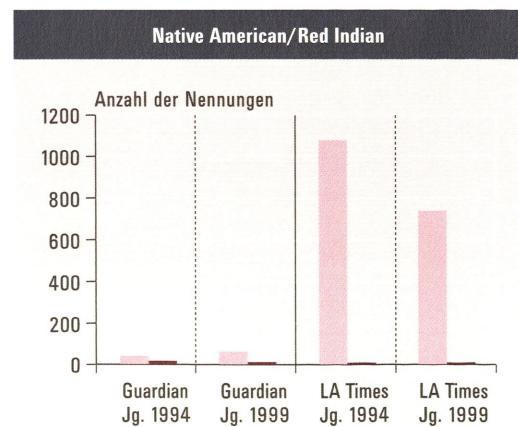
uns mit den CD-ROM Ausgaben der Zeitungen *The Guardian* (London) und *Los Angeles Times* (Los Angeles) zur Verfügung, die im Netz der Universität Regensburg in den Jahrgängen 1994–1999 bzw. 2000 (über die Option Bibliothek/Allgemein/Guardian bzw. Los Angeles Times bzw. Restliches CD-ROM-Angebot unter DOS) abrufbar sind. Es ist möglich, die Häufigkeit eines Begriffs zu ermitteln und die Artikel, in denen dieser vorkommt, zu sichten.

Um eine Übersicht über die Entwicklung ›politisch korrekter‹ Begriffe und deren Verbreitung sowohl im englischen als auch im amerikanischen Raum zu erhalten, wurde die Häufigkeit einer Auswahl ›politisch korrekter‹ und inkorrekt Termini in den Jahrgängen 1994 und 1999 beider Zeitungen miteinander verglichen. Es ist davon auszugehen, dass der Sprachgebrauch in diesen internationalen seriösen Tagesblättern zumindest in der allgemeinen Schriftsprache ihren Niederschlag findet, wenngleich auch nicht geleugnet werden kann, dass Zeitungen ihren eigenen Stil besitzen und daher nur bedingt repräsentativ sind. Ferner kann angenommen werden, dass eher mehr als weniger ›politisch korrekte‹ Begriffe in den untersuchten Zeitungen vorkommen als im aktuellen Sprachgebrauch. Ausgewählt wurden Begriffe, die sich auf Ethnien, Berufe und Behinderungen bezogen, da es vorwiegend in diesen Bereichen ›politisch korrekte‹ Alternativen zum herkömmlichen Sprachgebrauch gibt. Es wurden aufgrund der teilweise geringen Zahlen und der zum Teil notwendigen Schätzungen keine quantitativen statistischen Untersuchungen durchgeführt; die Analyse geht jedoch von der Signifikanz sich deutlich unterscheidender oder sogar diametral entgegengesetzter Werte aus.

7
Häufigkeiten der Begriffe
African-American und *Black*
in den Jahrgängen 1994 und 1999
des *GUARDIAN* (London) und der
LOS ANGELES TIMES.
■ »*African-American*«
■ »*Black*«



8
Häufigkeiten der Begriffe
Native American und *Red Indian*.
■ »*Native American*«
■ »*Red Indian*«



Die ethnischen Bezeichnungen *African-American* und *Native American*

Die Bezeichnungen *African-American* und *Black* **7** kamen im *Guardian* von 1994 jeweils in 22 und in 100 Artikeln vor und im *Guardian* von 1999 in jeweils 97 und in 942 Artikeln. In der *Los Angeles Times* von 1994 wurde *African-American* in 2506 und *Black* in 1761 Artikeln erwähnt und in der Ausgabe von 1999 jeweils in 2336 und 1562 Artikeln.

Die Häufigkeiten der Bezeichnungen *Native American* und *Red Indian* betragen im *Guardian* von 1994 jeweils 44 und 12 und im *Guardian* von 1999 jeweils 66 und 9 (wieder Anzahl der Artikel). In der *Los Angeles Times* von 1994 kommt *Native American* 1076-mal und *Red Indian* gar nicht vor, während in der Ausgabe von 1999 die beiden Begriffe jeweils 740-mal und einmal vorkommen **8**.

Es ist deutlich erkennbar, dass sich in den USA die ›politisch korrekten‹ Begriffe durchgesetzt haben, während sie in England eher selten sind. In beiden Zeitungen wird *Black* **7** jedoch weiterhin sehr viel verwendet (die Zahlen für *Black* sind Schätzungen; von 100 Artikeln beinhalten lediglich etwa 16 *Black* als Bezeichnung für die Ethnie; alle anderen Begriffe haben vor allem mit der Farbe Schwarz zu tun oder stehen für Eigennamen). *Native American* wird in beiden Zeitungen gegenüber *Red Indian* der Vorzug

gegeben. Im *Guardian* steigt der Gebrauch des ›politisch korrekten‹ Begriffs von 44 auf 66 sogar an, während die Häufigkeit von *Red Indian* leicht rückläufig ist 8. In der *Los Angeles Times* wird *Red Indian* in beiden Jahren nur ein einziges Mal für die Ethnie verwendet. Dass in der amerikanischen Zeitung gegenüber der englischen die Häufigkeit der Begriffe um ein Vielfaches höher liegt, hängt mit dem unterschiedlichen Stellenwert der bezeichneten Bevölkerungsgruppen in beiden Ländern zusammen. Ferner führt unterschiedliche Thematisierung zu Schwankungen der Zahlen zwischen den Jahrgängen einer Zeitung.

Die nicht-sexistischen Bezeichnungen chairperson bzw. chair und firefighter

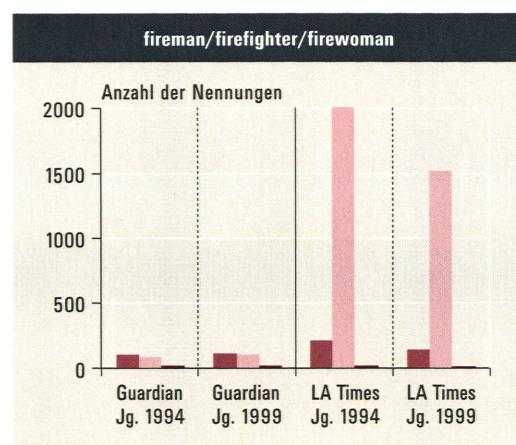
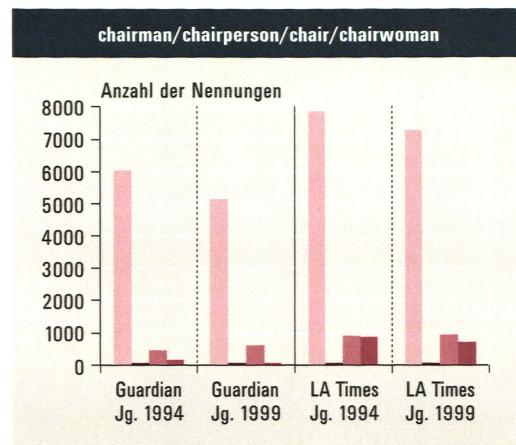
Die Häufigkeiten der Bezeichnungen *chairman*, *chairperson*, *chair* und *chairwoman* 9 betragen im *Guardian* von 1994 jeweils 5975, 24, 410 und 123 und im *Guardian* von 1999 jeweils 5113, 27, 579 und eins. In der *Los Angeles Times* von 1994 kommen die Begriffe jeweils 7834-, 38-, 881- und 836-mal vor, in der Ausgabe von 1999 jeweils 7234-, 25-, 893- und 693-mal (in Artikeln) 9.

Die Bezeichnungen *fireman*, *firefighter* und *firewoman* 10 werden im *Guardian* von 1994 in jeweils 100, 76 und in einem Artikel verwendet, im *Guardian* von 1999 in je 106, 98 und einem Artikel. In der *Los Angeles Times* von 1994 kommen die Begriffe in 209, 1999 und einem Artikel und in der Ausgabe von 1999 in 139, 1504 und in keinem Artikel vor 10.

Weder *chair* noch *chairperson* oder gar *chairwoman* haben sich gegenüber dem alten vertrauten *chairman* in beiden Zeitungen über die Jahre 1994 bis 1999 durchsetzen können (die Zahlen für *chair* sind wieder Schätzwerte) 9. Dies hängt jedoch auch damit zusammen, dass immer noch vorwiegend Männer den Posten des Vorsitzenden bekleiden. Ist eine Frau eine Vorsitzende, so ist man wohl sensibler geworden und scheut sich davor, sie mit *chairman* zu titulieren; in diesem Fall wird gerne auf *chair* bzw. *chairwoman* zurückgegriffen. Dabei scheint die Bezeichnung *chairwoman* in der *Los Angeles Times* beliebter zu sein als im *Guardian*. Wie bei den beiden ethnischen Bezeichnungen spielt die *Los Angeles Times* für *firefighter* 10 wieder den Vorreiter, während im *Guardian* der politisch korrekte und der politisch inkorrekte Terminus etwa gleich häufig verwendet werden. Der Begriff *firewoman* ist in beiden Zeitungen äußerst selten, was in Anbetracht der wenigen Feuerwehrfrauen durchaus verständlich ist. Folglich hängt die Verbreitung der ›politisch korrekten‹ Wörter auch davon ab, ob und wie viele es von den zu bezeichnenden weiblichen Vertreterinnen einer Berufsgruppe gibt.

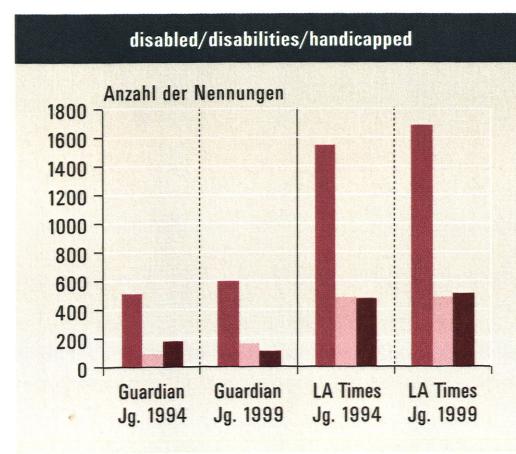
Menschliche Herausforderungen

Die (angeblich) ›politisch korrekten‹ Begriffe für körperliche oder geistige Schwächen haben sich generell so gut wie gar nicht durchgesetzt; sie kommen nur vereinzelt vor, wobei *physically challenged* 11 noch am häufigsten verwendet wird (3 x im *Guardian* '94 und 24 x in der *Los Angeles Times* '94, keinmal im *Guardian* '99 und der *Los Ange-*



les Times '99). Ferner sind zu finden: *horizontally challenged* (nur 1x im *Guardian* '94), *vertically challenged* (4 x im *Guardian* '94, 3 x im *Guardian* '99, 2 x in *Los Angeles Times* '94, 3 x in der *Los Angeles Times* '99) und *differently sized* (nur 1 x im *Guardian* '99, 1 x in der *Los Angeles Times* '99) 11.

Dagegen sind die ›politisch inkorrekt‹en Termini *handicapped*, *disabled* und (with ...) *disabilities* sowohl im *Guardian* als auch in der *Los Angeles Times* die Regel, wobei in beiden Zeitungen *disabled* der Vorzug gegeben wird, was mit der zunehmend negativen Bewertung des Begriffs *handicapped* zusammenhängt (Belegstellen von jeweils *disabled*, (with ...) *disabilities*, *handicapped*: *Guardian* '94: 507, 94, 176; *Guardian* '99: 591, 160, 109; *Los Angeles Times* '94: 1532, 481, 473; *Los Angeles Times* '99: 1669, 476, 501) 11.



Prof. Dr. phil.

Roswitha Fischer

geb. 1956 in Fulda.

Studium der Anglistik und Germanistik an der Universität Würzburg und der University of Edinburgh.
1985 Promotion; 1991–1996

Wiss. Assistentin am Institut für Anglistik der Universität Freiburg; 1994/95 Associate Professor am Department of Applied Linguistics an der Portland State University in Portland, OR. 1996 Habilitation; 1996/97 Vertretung einer

Professur an der RWTH Aachen, seit 1998 Professorin für englische Sprachwissenschaft an der Universität Regensburg.

Forschungsschwerpunkte:

Lexikologie, Korpuslinguistik, Fachsprachen.

Wir können also zusammenfassend feststellen, dass sich bei den hier untersuchten Begriffen nur *Native American* und *firefighter* in den USA wirklich durchgesetzt haben; ferner findet auch *African American* häufig Verwendung. In Amerika haben sich, was die Zahlen der Belegstellen im Einzelnen betrifft, die ›politisch korrekten‹ Termini stärker als in England durchgesetzt, vermutlich auch stärker als auf dem europäischen Kontinent. Die Welle der *political correctness* hat in den USA jedoch bei weitem nicht die Durchschlagskraft erreicht wie gemeinhin angenommen, und darüber hinaus scheint sie auf ihrem Weg über den Atlantik größtenteils verebbt zu sein und hat zumindest in Großbritans

gemachten Sprachgebrauch und die Förderung zwischenmenschlicher Toleranz geht. Denkt man an die nur sehr spärliche Verbreitung so genannter ›politisch korrekter‹ Begriffe in einer britischen und einer nordamerikanischen angesehenen Tageszeitung, so muss man allerdings zu dem Schluss kommen, dass die Verfechter der Bewegung ihre Zielsetzungen des Abbaus der Diskriminierung von Minderheiten und der Förderung von deren Akzeptanz und Integration allenfalls ansatzweise erreicht haben. Untersucht man große Textmengen mittels Verfahren der Korpuslinguistik, so lässt sich nachweisen, dass diese Ziele bei einer Handvoll von Begriffen verwirklicht wurden – umgekehrt zeugen die überaus vielen humorvollen Wortbildungen davon, dass *political correctness* im allgemeinen nicht allzu ernst genommen und im Gegenteil vielfach sogar ins Lächerliche gezogen wird. Aus diesen Befunden kann man u. a. erkennen, dass die Bewegung der *political correctness* trotz einer gewissen positiv zu beurteilenden Sensibilisierung gegenüber den Belangen sozialer Minderheiten im Großen und Ganzen letztlich nur wenig erfolgreich war.

Literatur zum Thema und Bildnachweis ► Seite 68

1803

WENDE IN EUROPAS MITTE

Vom feudalen zum

bürgerlichen Zeitalter



GROSSE AUSSTELLUNG

28. MAI - 24. AUGUST 2003
HISTORISCHES MUSEUM
REGENSBURG

INFO: www.regensburg.de

RAHMENPROGRAMM

Auftakt im Herbst 2002: Ringvorlesung der Universität Regensburg

Eröffnung des Reichstagsmuseums in den historischen Räumen im Alten Rathaus

Kooperation mit Regionen, die in diesen historischen Prozeß beispielhaft involviert sind

Museumspädagogische Vermittlung in Zusammenarbeit mit den Schulen

R E G E N S B U R G

A U S S T E L L U N G



REGENSBURGER STUDIEN UND QUELLEN ZUR KULTURGESCHICHTE

Herausgegeben von den Museen und dem Archiv der Stadt Regensburg

Neuerscheinungen

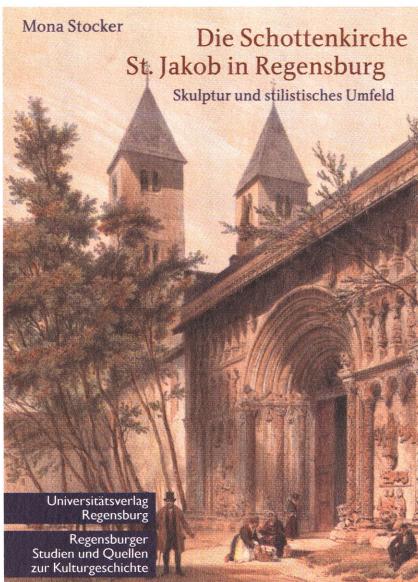
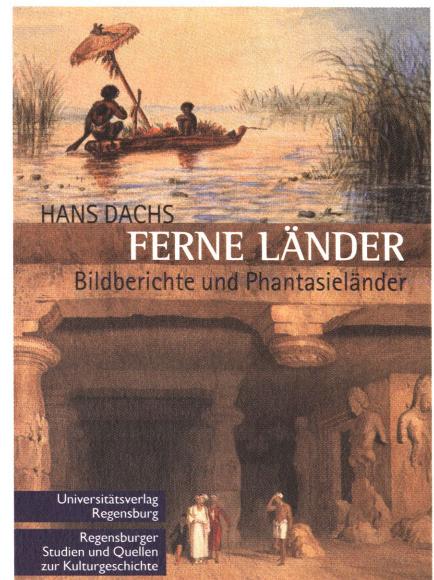
Band 11: Hans Dachs

Ferne Länder

Bildberichte und Phantasiebilder

312 Seiten, 224 s/w- und 8 Farb-Abbildungen, €uro 25,-
ISBN 3-930480-53-0, gebunden mit farbigem Schutzumschlag

Der vorliegende Band führt eine eindrucksvolle Sammlung vor Augen. Er vermittelt uns, wie im Verlauf der Neuzeit in Europa ein Bild der Ferne entstanden ist. Die gezeigten Abbildungen reichen von frühen Drucken des 15. Jahrhunderts über Bildberichte von Konquistadoren, Missionaren und Kaufleuten bis hin zu den Darstellungen von Wissenschaftlern, Künstlern und Fotografien von Touristen.



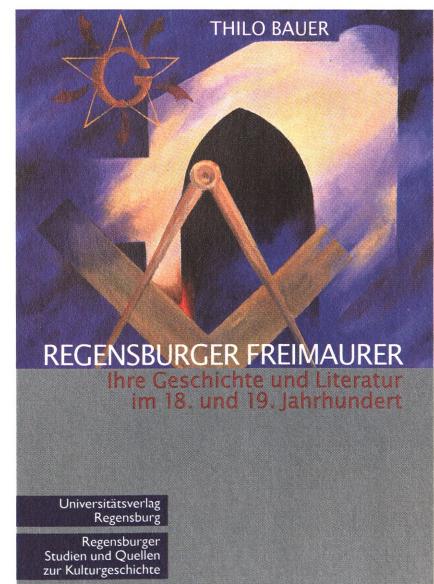
Band 12: Mona Stocker

Die Schottenkirche St. Jakob in Regensburg

Skulptur und stilistisches Umfeld

432 Seiten, mit über 500 Abbildungen, €uro 30,-
ISBN 3-930480-56-5, gebunden mit farbigem Schutzumschlag

Die Schottenkirche St. Jakob in Regensburg zählt zu den herausragenden Monumenten der deutschen Romanik. Aufgrund der behandelten baugeschichtlichen Fragen sowie des opulenten Abbildungsteils stellt der vorliegende Band einen aktuellen Forschungsstand repräsentierendes Kompendium dar. Es ist gleichermaßen für Mediävisten wie für Liebhaber der Romanik unverzichtbar.



Band 13: Thilo Bauer

Regensburger Freimaurer

Ihre Geschichte und Literatur im 18. und 19. Jahrhundert

148 Seiten, mit Abbildungen, €uro 20,-
ISBN 3-930480-57-3, gebunden mit farbigem Schutzumschlag

„Mit dieser Arbeit ist ein Grundlagenwerk geschaffen, das die Bedeutung der Freimaurer für das Regensburger Geistesleben des 18. und 19. Jahrhunderts erstmals umfassend darstellt. Nicht zuletzt werden durch die im Anhang bereit gestellten Materialien, darunter die Mitgliederliste der Regensburger Freimaurerloge „Carl zu den 3 Schlüsseln“, zahlreiche äußerst wertvolle Quellen zugänglich gemacht.“

Georg Braungart

Abonnement

Ich möchte **Blick in die Wissenschaft**

abonnieren:

Das Abonnement soll beginnen

ab Heft Nr.

€ 5,00 Preis pro Heft (Einzelheft € 6,50)

€ 3,50 ermäßigt für Schüler, Studenten und
Akademiker im Vorbereitungsdienst
(mit beiliegender Bescheinigung).

Das Abonnement wird automatisch weitergeführt,
wenn es nicht schriftlich beim Verlag gekündigt
wird.

Datum/Unterschrift:

.....

Ich wünsche folgende Zahlungsweise:

- gegen Rechnung
- durch Bankeinzug

Bank:

.....

BLZ/Konto:

.....

Garantie: Ich kann diese Bestellung innerhalb von
10 Tagen schriftlich beim Verlag widerrufen.

Zur Wahrung der Frist genügt die rechtzeitige
Absendung des Widerrufs.

Datum/Unterschrift:

.....

Geschenk-Abonnement

Ich möchte **Blick in die Wissenschaft**

verschenken. Das Abonnement ab

Heft Nr. erhält

Name Empfänger:

.....

Anschrift:

.....

.....

Das Abonnement wird automatisch weitergeführt,
wenn es nicht schriftlich beim Verlag gekündigt
wird.

Datum/Unterschrift Auftraggeber:

.....

Ich wünsche folgende Zahlungsweise:

- gegen Rechnung
- durch Bankeinzug

Bank:

.....

BLZ/Konto:

.....

Garantie: Ich kann diese Bestellung innerhalb von
10 Tagen schriftlich beim Verlag widerrufen.

Zur Wahrung der Frist genügt die rechtzeitige
Absendung des Widerrufs.

Datum/Unterschrift Auftraggeber:

.....

Nachbestellung

zusammen
zuzüglich Versandkosten

Ich wünsche folgende Zahlungsweise:

- gegen Rechnung
- durch Bankeinzug

Bank:

.....

BLZ/Konto:

.....

Datum/Unterschrift:

.....

Ich möchte **Blick in die Wissenschaft** nachbestellen
(Die Ausgaben 1 – 3 sind leider vergriffen.)

Ich bestelle folgende Ausgaben gegen Rechnung:

Heft Nr. 4	Sonderpreis € 1,50
Heft Nr. 5	Sonderpreis € 1,50
Heft Nr. 6	Sonderpreis € 1,50
Heft Nr. 7	Sonderpreis € 2,50
Heft Nr. 8	Sonderpreis € 2,50
Heft Nr. 9	Sonderpreis € 4,00
Heft Nr. 10	Sonderpreis € 4,00
Heft Nr. 11	Sonderpreis € 4,00
Heft Nr. 12	Sonderpreis € 4,00
Heft Nr. 13	Sonderpreis € 4,00

Name/Vorname Auftraggeber:

Anschrift:

B 14/2002

Antwortkarte

*Bitte
freimachen
0,51*

Universitätsverlag Regensburg GmbH
Vertrieb

93066 Regensburg

Name/Vorname Auftraggeber:

Anschrift:

B 14/2002

Antwortkarte

*Bitte
freimachen
0,51*

Universitätsverlag Regensburg GmbH
Vertrieb

93066 Regensburg

Name/Vorname Auftraggeber:

Anschrift:

B 14/2002

Antwortkarte

*Bitte
freimachen
0,51*

Universitätsverlag Regensburg GmbH
Vertrieb

93066 Regensburg

Wirtschaftswissenschaften

► Seite 4

Prof. Dr. rer. pol.

Wolfgang Wiegard

Literatur zum Thema

Ulrich Becker,
EU-Erweiterung und
differenzierte Integration.
Zu beitrittsbedingten Über-
gangsregelungen am Beispiel
der Arbeitnehmerfreizügigkeit.
Baden-Baden 1999.

Hans-Werner Sinn et al.,
EU-Erweiterung und Arbeits-
kräftemigration. Wege zu einer
schrittweisen Annäherung des
Arbeitsmarktes.
München 2001.

Thomas Straubhaar,
Ost-West-Migrationspotenzial:
Wie groß ist es? Jahrbücher für
Nationalökonomie und Statistik
222 (2001), S. 22–41.

Wissenschaftlicher Beirat
beim Bundesministerium der
Finanzen, Freizügigkeit und
soziale Sicherung in Europa.
Schriftenreihe des Bundes-
ministeriums der Finanzen,
Heft **69**. Bonn 2000.

Klaus F. Zimmermann et al.,
Arbeitskräftebedarf bei hoher
Arbeitslosigkeit. Ein ökono-
misches Zuwanderungskonzept
nach Deutschland.
Berlin et al. 2002.

Bildnachweis

■ Seite 5

Infografik:
Stephan Riedlberger
für Atelier Irmgard Voigt,
München.

■ alle Zeitungsausschnitte
Reproduktion digital:
Walter Ziegler, Fotograf,
Institut für Kunstgeschichte,
Universität Regensburg.

Biosensoren

► Seite 12

Prof. Dr. rer. nat.

Claudia Steinem

Literatur zum Thema

Manfred Kochsiek,
Michael Gläser,
Comprehensive Mass
Metrology.
Weinheim 2000.

Andreas Janshoff,
Claudia Steinem,
Quartz crystal microbalance for
bioanalytical applications.
Sensors Update
9 (2001), S. 313–354.

Andreas Janshoff,
Hans-Joachim Galla,
Claudia Steinem,
Mikrogravimetrische Sensoren
in der Bioanalytik – eine Alter-
native zu optischen Sensoren?

Angewandte Chemie
112 (2000), S. 4164–4195.

Andreas Janshoff,
Claudia Steinem,
Manfred Sieber,
Ali el Bâya,
M. Alexander Schmidt,
Hans-Joachim Galla,
Quartz crystal microbalance
investigation of the interaction
of bacterial toxins with ganglio-
side containing solid supported
membranes.

European Biophysics Journal
26 (1997), S. 261–270.

Joachim Wegener,
Andreas Janshoff,
Claudia Steinem,
The quartz crystal microbalance
as a novel means to study cell-
substrate interactions *in situ*.
Cell Biochemistry and Biophys-
ics **34** (2001), S. 121–151.

Bildnachweis

■ 1

Infografik:
Stephan Riedlberger
für Atelier Irmgard Voigt,
München.

■ 2 3 4 5 7 8 9 10

Autorin.

■ 6

Roland Winter,
Chemie in unserer Zeit
24 (1990), S. 71–81.

Biotechnologie

► Seite 18

Dipl.-Biochem.

Alke Eichler-Stahlberg

Dr. rer. nat.

Markus Fuhrmann

Prof. Dr. rer. nat.

Peter Hegemann

Literatur zum Thema

Rainer Fischer,
Neil Emans,
Molecular farming of
pharmaceutical proteins.
Transgenic Research
9 (2000), S. 279–299.

Henry Daniell,
Stephen J. Streatfield,
Keith Wycoff,
Medical molecular farming:
production of antibodies,
biopharmaceuticals and
edible vaccines in plants.
Trends in Plant Science
6/5 (2001), S. 219–226.

Markus Fuhrmann,
Alke Stahlberg,
Elena Govorunova,
Simone Rank,
Peter Hegemann,
The abundant retinal protein of
the *Chlamydomonas* eye is not
the photoreceptor for phototaxis
and photophobic responses.

Journal of Cell Science
114 (2001), S. 3857–3863.

Markus Fuhrmann,
Wolfgang Oertel,
Peter Hegemann,
A synthetic gene coding for the
green fluorescent protein (GFP)
is a versatile reporter in
Chlamydomonas reinhardtii.

Plant Journal
19 (1999), S. 353–361.

Ken Garber,
Biotech industry faces new
bottleneck.

Nature Biotechnology
19 (2001), S. 184–185.

Ines Janssen,
Gentechnik geht uns alle an!
BMSG/Österreichisches
Ökologie Institut.
<http://www.gentechnik.gv.at/gentechnik/B1_orientierung/gen_10007.html>

■ 5

Walter Trösch,
Fraunhofer-Institut für
Grenzflächen und
Bioverfahrenstechnik IGB,

Stuttgart.

■ 6

Nature Beta Technologies Ltd.,
Postkarte von Marina Photo,
Eilat (Israel).

■ 7

**Reproduktion und
Bildbearbeitung digital:**
Walter Ziegler, Fotograf,
Institut für Kunstgeschichte,
Universität Regensburg.

Festkörperphysik

► Seite 24

PD Dr. phil.

Pasquale Pavone

Literatur zum Thema

Charles Kittel,
Einführung in die Festkörper-
physik,
München–Wien 1999.

Max Born,
Kun Huang,
Dynamical theory of crystal
lattices,
Oxford 1954.

Walter Kohn,
Density-functional theory:
fundamentals and applications
In: F. Bassani, F. Fumi und
M. P. Tosi (Hrsg.)
Highlights of Condensed-Matter
Theory,
North-Holland 1985.

Paolo Giannozzi,
Stefano de Gironcoli,
Pasquale Pavone,
Stefano Baroni,
Ab-initio calculation of phonon
dispersions in semiconductors,
Physical Review
B 43, 7231 (1991).

Pasquale Pavone,
Stefano de Gironcoli,
Stefano Baroni,
The phase transition in tin:
A theoretical study based on
density-functional perturbation
theory,
Physical Review
B 57, 10421 (1998).

Bildnachweis

■ 2 3 4 5 6

Infografik:
Meißner & Reisser,
für Atelier Irmgard Voigt,
München.

Wintersemester
2002/2003
Universität
Regensburg



Regensburg im Brennpunkt einer europäischen Epochenwende



1803

Dienstag
29. Oktober 2002
20 Uhr
Reichssaal
des Alten Rathauses

**Umbruch in Mitteleuropa.
Der Reichsdeputationshauptschluß von 1803**
Prof. Dr. Hans-Jürgen Becker Regensburg
Lehrstuhl für Bürgerliches Recht,
Europäische Rechtsgeschichte und Kirchenrecht

Thon-Dittmer-Palais Auditorium Haidplatz 8 Regensburg

Mittwoch
6. November 2002
20 Uhr

**„Unterm Krummstab ist gut leben“
Zur Situation der fürstbischöflichen Germania Sacra
am Vorabend der Säkularisation**
Prof. Dr. Karl Hausberger Regensburg
Lehrstuhl für Mittlere und Neuere Kirchengeschichte

Mittwoch
13. November 2002
20 Uhr

Karl Theodor von Dalberg und das Reich
Prof. Dr. Albrecht P. Luttenberger Regensburg
Lehrstuhl für Neuere Geschichte

Mittwoch
4. Dezember 2002
20 Uhr

**Regensburg im Umbruch:
Von der Reichsstadt zur bayerischen Stadt**
Prof. Dr. Peter Schmid Regensburg
Lehrstuhl für Bayerische Landesgeschichte

Mittwoch
11. Dezember 2002
20 Uhr

**Schloß Herrnsheim bei Worms.
Der Stammsitz der Familie Dalberg**
Prof. Dr. Hans-Christoph Dittscheid Regensburg
Professur für Kunstgeschichte

Mittwoch
8. Januar 2003
20 Uhr

**Romantiker in Regensburg.
Bilder aus dem literarischen Leben um 1800**
Prof. Dr. Bernhard Gajek Regensburg
Emeritus Neuere deutsche Literaturwissenschaft

Mittwoch
15. Januar 2003
20 Uhr

Stadt und Musik im Ancien Régime
Prof. Dr. Wolfgang Horn Regensburg
Lehrstuhl für Musikwissenschaft

Mittwoch
22. Januar 2003
20 Uhr

Die Spur Napoleons in der Kunst. Bilder aus Bayern
Prof. Dr. Jörg Traeger Regensburg
Lehrstuhl für Kunstgeschichte

Mittwoch
5. Februar 2003
20 Uhr

**Regensburger Bibliotheken.
Schicksale zwischen Reichsstadtzeit und Königreich**
Dr. Michael Drucker Regensburg
Direktor der Staatlichen Bibliothek Regensburg

Mittwoch
12. Februar 2003
20 Uhr

**Das Licht der Natur und seine Brechungen:
Regensburger Naturforscher um 1800**
Prof. Dr. Christoph Meinel Regensburg
Lehrstuhl für Wissenschaftsgeschichte

Eintritt frei!

Information Prof. Dr. Peter Schmid
Lehrstuhl für Bayerische Landesgeschichte
Universität Regensburg 93040 Regensburg
Telefon (0941) 943-3533/34
Fax (0941) 943-3532
peter.schmid@geschichte.uni-regensburg.de



Universität
Regensburg

Verfassungsgeschichte

► Seite 30

Prof. Dr. phil.
Hans-Jürgen Becker

Philosophische Logik

► Seite 40

Prof. Dr. phil.
Hans Rott

Stammzelltherapie

► Seite 46

PD Dr. med.
Burkhard Hennemann

Literatur zum Thema

Karl Otmar Freiherr von Aretin, Heiliges Römisches Reich 1776–1806. Reichsverfassung und Staatssouveränität, 2 Bde., Wiesbaden 1967.

Karl Otmar Freiherr von Aretin, Das Alte Reich 1648–1806, Bd. 3: Das Reich und der österreichisch-preußische Dualismus (1748–1806), Stuttgart 1997.

Ulrike M. Dorda, Johann Aloys Joseph Reichsfreiherr von Hügel (1754–1825). Ein Leben zwischen Kaiser und Reich im napoleonischen Deutschland, phil. Diss. Würzburg 1969.

Karl Härtner, Reichstag und Revolution 1789–1806 (Schriftenreihe der Historischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Bd. 46), Göttingen 1992.

Regine Leipold, Peter Styra, Die Wohnsitze der Gesandtschaften des Immerwährenden Reichstags von Regensburg (1663–1806), Privatdruck [Regensburg 1998].

Hans-Jürgen Becker, Artikel ›Reichsdeputations-hauptschluß‹, in: Handwörterbuch zur deutschen Rechtsgeschichte, Bd. 4, Berlin 1990, Sp. 554–557.

Hans-Jürgen Becker, Recht und Politik auf dem Immerwährenden Reichstag zu Regensburg, in: Reichstadt und Immerwährender Reichstag (1663–1806). 250 Jahre Haus Thurn und Taxis in Regensburg (Thurn und Taxis-Studien, Bd. 20), Kallmünz 2001, S. 235–251.

Bildnachweis

1 MI/1976, Münchner Stadtmuseum.

2 5 7 Archiv des Autors.

Reproduktionen: Walter Ziegler, Fotograf, Institut für Kunstgeschichte, Universität Regensburg.

3 Christian Gastel, *De statu publico Europae novissimo tractatus*, Nürnberg 1675; Historisches Museum, Museen der Stadt Regensburg.

4 Gr. A.7520, Grafische Sammlung, Museen der Stadt Nürnberg.

Historisches Museum, Museen der Stadt Regensburg.

Two Dogmas of Empiricism, *Philosophical Review* 60 (1951), S. 20–43.

Willard V. O. Quine, Joseph S. Ullian, *The Web of Belief*, 2. Auflage, New York 1978.

Hans Rott, *Two Dogmas of Belief Revision*, *The Journal of Philosophy* 97 (2000), S. 503–522.

Hans Rott, *Change, Choice and Inference*, Oxford 2001.

Amartya K. Sen, *Choice, Welfare and Measurement*, Oxford 1982.

Mary-Anne Williams, Hans Rott (Hrsg.), *Frontiers in Belief Revision*, Dordrecht 2001.

Literatur zum Thema

Carlos Alchourrón, Peter Gärdenfors, David Makinson, *On the Logic of Theory Change: Partial Meet Contraction Functions and Their Associated Revision Functions*, *Journal of Symbolic Logic* 50 (1985), S. 510–530.

Peter Gärdenfors, *Knowledge in Flux. Modeling the Dynamics of Epistemic States*, Cambridge, Mass. 1988.

David Lewis, *Counterfactuals*, Oxford 1973.

Willard V. O. Quine, *Two Dogmas of Empiricism*, *Philosophical Review* 60 (1951), S. 20–43.

Willard V. O. Quine, Joseph S. Ullian, *The Web of Belief*, 2. Auflage, New York 1978.

Hans Rott, *Two Dogmas of Belief Revision*, *The Journal of Philosophy* 97 (2000), S. 503–522.

Hans Rott, *Change, Choice and Inference*, Oxford 2001.

Amartya K. Sen, *Choice, Welfare and Measurement*, Oxford 1982.

Mary-Anne Williams, Hans Rott (Hrsg.), *Frontiers in Belief Revision*, Dordrecht 2001.

Bildnachweis

1 Wilhelm Busch, *Sämtliche Werke I*, hrsg. von Rolf Hochhuth, München 1982, S. 242–243.

2 Ottfried Höffe, *Aristoteles*, München 1999.

3 Gottlob Frege, *Nachgelassene Schriften und wissenschaftlicher Briefwechsel*, Hamburg 1969, S. iv.

4 The Philosophy of W. V. Quine, edited by Edwin Hahn and Paul Arthur Schilpp, La Salle 1986, S. iv.

5 <<http://www.princeton.edu/pr/pictures/l-r/lewis/david/lewisportrait-pre.jpg>>

6 7 9 10 Autor.

Infografik: Stephan Riedlberger für Atelier Irmgard Voigt, München.

8 Samuelson:

Paul Anthony Samuelson, *Economics*, 11. Auflage, New York u. a. 1980, S. vi.

Arrow:

American Economic Review 64 (1), 1974, S. 1.

Sen:

American Economic Review 85 (1), 1995, S. 1.

11

Philip Groves, Kurt Schlesinger, *Introduction to Biological Psychology*, Dubuque 1979, S. 542.

Reproduktionen digital:

Walter Ziegler, Fotograf, Institut für Kunstgeschichte, Universität Regensburg.

Literatur zum Thema

Ernst Holler, Joachim Hahn, Albrecht Reichle, Reinhard Andreesen, *Transplantation hämatopoietischer Stammzellen aus Knochenmark und Blut*, Zeitschrift für Allgemeinmedizin 77 (2001), S. 62–66.

Hans-Jochem Kolb, Ernst Holler, *Adoptive Immunotherapy with donor lymphocyte infusions*, *Current Opinion in Oncology* 9 (1997), S. 139–145.

Bildnachweis

1 2 Autor.

4 Autor, mit: mitte:

Dr. Peter Angele, unten:

Dr. Matthias Zaiss, alle Abteilung für Hämatologie und Onkologie, Klinikum der Universität Regensburg.

1 3 4

Infografik: Stephan Riedlberger für Atelier Irmgard Voigt, München.

■ Literatur zum Thema

Wolfgang Bäumler,
Ernst T. Eibler,
Ulrich Hohenleutner,
Benno Sens,
Jürgen Sauer,
Michael Landthaler,
Q-switch laser and tattoo
pigments: First results of the
chemical and photophysical
analysis of 41 compounds.
Lasers in Surgery and Medicine
26 (2000), S. 13–21.

Michael Landthaler,
Ulrich Hohenleutner,
Lasertherapie in der Dermato-
logie: Atlas und Lehrbuch.
Berlin 1999.

■ Literatur zum Thema

Henry Beard,
Christopher Cerf,
The Official Politically Correct
Dictionary and Handbook.
New York 1993.

Paul Berman (Hrsg.),
Debating P.C.: The controversy
over political correctness on
college campuses.
New York 1992.

Klaus Rainer Röhl,
Deutsches Phrasenlexikon. Lehr-
buch der politischen
Korrekttheit für Anfänger und
Fortgeschrittene.
Berlin 1995.

Viola Schenz,
Political Correctness: eine Bewe-
gung erobert Amerika.
Frankfurt a. M. 1994.

Andrea Wirthgen,
Policial Correctness. Die »korri-
gierte« Sprache und ihre Folgen.
Essen 2002.

<<http://www.linse.uni-essen.de>>

■ Bildnachweis**1 3 4 5**

Henry Beard,
Christopher Cerf,
The Official Politically Correct
Dictionary and Handbook.
New York 1993.

2

Greser und Lenz,
Frankfurter Allgemeine Zeitung.
<<http://afaz.gbi.de/cgi-bin/gbiwww>>

7 8 9 10 11

Infografik:
Stephan Riedlberger
für Atelier Irmgard Voigt,
München.

6

John S. Pritchett,
<<http://pritchettcartoons.com/pc.htm>>

Reproduktionen digital:

Walter Ziegler, Fotograf,
Institut für Kunstgeschichte,
Universität Regensburg.

80 Jahre UMZÜGE GEBR. RÖHRL AMÖ-Fachbetrieb Transport GmbH**Der Umzugsspezialist der Universität Regensburg**

Vollservice aus einer Hand
mit eigenen Schreinern,
Elektrikern und Installateuren

- Umzüge im Stadt-, Nah-,
Fern-, Auslandsverkehr
- Lehrstuhl- sowie Laborumzüge
- Übersee- und Containerumzüge

THURMAYERSTRASSE 10a, 93049 REGENSBURG
TEL. (09 41) 2 17 71, FAX (09 41) 2 54 18



- Spezialtransporte von Klavier - Flügel - Kassen - Computer und Kunstgegenständen
- unverbindliche Umzugsberatung
- Geschultes Fachpersonal, Schreiner-Service
- Behutsame Umzüge für Senioren
- Beladungen in alle Richtungen
- Möbellagerung in sauberen Räumen
- Küchenkomplettmontagen - Möbelmontage
- Entrümpelung, Sperrmüll- und Altmöbelentsorgung



**Sie haben auch Weil Ihr Denken
schmutzige Gedanken. keine Grenzen kennt.**

Intuition und Kreativität gehören ebenso zu den bevorzugten Eigenschaften von Software-Ingenieuren wie logisch-strukturelles Denken. Kommen dazu noch Teamfähigkeit und kommunikative Überzeugungskraft, erfüllen Sie alle Anforderungen an eine Karriere bei sd&m.

Respekt vor Ihrer Intelligenz und ein menschlich vorbildliches Klima können Sie im Gegenzug von uns erwarten.

sd&m ist ein Software- und Beratungshaus mit 900 hoch qualifizierten Software-Fachleuten, spezialisiert auf die Entwicklung von Individual-

software. In eigenverantwortlichen Projekten planen, konzipieren und realisieren wir für unsere Kunden erstklassige Informationssysteme. Als Generalisten setzen wir dabei alle Technologien ein. Mehr zu Software, Projekten, Team und Kultur von sd&m unter: www.sdm.de

Wir suchen für alle unsere Niederlassungen Software-Ingenieure (m/w). Bitte bewerben Sie sich direkt bei der von Ihnen bevorzugten Niederlassung oder unter: www.sdm.de · sd&m AG · München · Stuttgart · Frankfurt · Köln/Bonn · Düsseldorf · Berlin · Hamburg · Zürich



A Brand like a friend

*

**Menschen machen
Marken erfolgreich!**

Denken Sie in neuen Dimensionen?

Dann sind Sie bei uns richtig.

**Faszinieren Sie innovative
Technologien?**

Biotechnologie

Nanotechnologie

Systemtechnologie

Die erschließen wir
in der Henkel-Forschung.



Sind Sie neugierig und kreativ?

Dann können Sie sich bei uns in einem
interdisziplinären Netzwerk entfalten.

Interesse?

Nehmen Sie Kontakt auf!

*Weitere Informationen: www.henkel.com oder +49 211 797 6702