

fundiert

Das Wissenschaftsmagazin der Freien Universität Berlin

01/2007

Energie





Budgeterstellung
und Kongress-
buchhaltung

Auswahl
und Anmietung
der Veranstaltungs-
räumlichkeiten



Layout, Satz, Druck
und Versand
der Printmedien

Gestaltung
der Internetpräsenz
mit Online-
Registrierung

Sponsoring

Planung
und Organisation
von Ausstellungen



Teilnehmer-
registrierung

Abstractverwaltung



Reise- und Hotel-
buchungen

Organisation
des Rahmen-
programms



Begleitende
Pressearbeit

Vor-Ort-Organisation



Auf den Punkt geplant.

Congress Organisation Thomas Wiese GmbH

Hohenzollerndamm 125 · 14199 Berlin
Tel. 0 30 / 85 99 62-0 · Fax 0 30 / 85 07 98 26
mail@ctw-congress.de

www.ctw-congress.de

Vorwort

DIETER LENZEN, PRÄSIDENT DER FREIEN UNIVERSITÄT BERLIN



Liebe Leserin, lieber Leser,

Energie ist die Grundlage unseres Lebens. Alle chemischen und physikalischen Vorgänge, komplexen Handlungen und technischen Systeme sind darauf angewiesen. Energie ist aber auch die Grundlage für Wärme und Strom: Die internationale Staatengemeinschaft ist sich einig, dass nachhaltige Formen der Energiegewinnung entwickelt und gefördert werden müssen. Die Forschungsstelle für Umweltpolitik der Freien Universität forscht an den wichtigsten Fragen der Energiepolitik. Das facettenreiche Thema Energie analysieren aber auch Wissenschaftler anderer Disziplinen – aus den Natur- und Lebenswissenschaften sowie den Sozial- und Geisteswissenschaften. Sie untersuchen die grundlegenden Funktionsweisen der Photosynthese, den Energiehaushalt von Mensch und Tier sowie die wirtschaftlichen und politischen Herausforderungen des Klimawandels. Einen Einblick in diese vielfältige Forschung bietet Ihnen die neue Ausgabe des Wissenschaftsmagazins fundiert.

Energiefragen sind an der Freien Universität aber auch im Arbeitsalltag verankert: Seit mehreren Jahren wird ein systematisches Umweltmanagement betrieben und somit ein unnötiger Verbrauch von Strom und Wärme vermieden. Grundlage sind Umweltmanagementsysteme – vor allem das anspruchsvolle europäische Eco-Management and Audit Scheme EMAS. Die jährlich aufgelegten Programme zur Energieeffizienz zeigen Erfolg: Seit sie vor sechs Jahren anliefen, konnte beispielsweise der Wärmeverbrauch um mehr als 20 Prozent gesenkt werden. Seit Mitte 2005 gehört die Freie Universität zu der kleinen Anzahl deutscher Universitäten, deren Umweltmanagement nach der weltweit gültigen Richtlinie DIN EN ISO 14001 und der europäischen Öko-Audit-Verordnung zertifiziert ist. Ein Anreiz für die Fachbereiche und Institute ist ein Prämiensystem, mit dem sie, wenn sie erfolgreich ihren Energieverbrauch senken, für die eingesparten Kosten finanziell belohnt werden. Wie die Freie Universität die Energieprogramme in die Tat umsetzt, können Sie ab Seite 84 lesen, das Energiesparmodell des Fachbereichs Veterinärmedizin finden Sie auf Seite 90.

Ich wünsche Ihnen eine abwechslungsreiche und erkenntnisreiche Lektüre!

Ihr

Univ.-Prof. Dr. Dieter Lenzen

Präsident der Freien Universität Berlin



Kopernikusstraße 20

10245 Berlin-Friedrichshain
 Tel.: 42 78 00 78
 Fax: 4 22 53 45



Montag bis Sonntag
 9 - 18 Uhr
 außer Feiertage

JEDE
A4 s/w
Digitalkopie

A4 Farbkopie 15 Cent

2,5 Cent

www.CopyPlanet-Berlin.de

Kastanienallee 32

10435 Berlin-Prenzlauer Berg
 Tel.: 4 48 41 33
 Fax: 2 38 49 59



Montag bis Freitag
 9 - 18 Uhr

Copyplanet@t-online.de

Impressum

Herausgeber

Das Präsidium der Freien Universität Berlin

Redaktion und Vertrieb

Ilka Seer (verantwortlich i.S.d.P.)
 Bernd Wannenmacher (Redaktionsleitung)
 Kerrin Zielke, Oliver Trenkamp
 Freie Universität Berlin
 Kommunikations- und Informationsstelle
 Kaiserswerther Str. 16-18, 14195 Berlin
 Tel.: (030) 838 73 180 | Fax: (030) 838 73 187
 E-Mail: fundiert@zedat.fu-berlin.de

Titelbild

photocase

fundiert im Internet:

www.elfenbeinturm.net/fundiert

Druck

H. Heenemann GmbH & Co

Anzeigenverwaltung

Alpha Informationsgesellschaft mbH
 Finkenstraße 10
 68623 Lampertheim
 Tel.: (06206) 939 - 0 | Fax: (06206) 939 - 232
 E-Mail: info@alphawerbung.de
<http://www.alphawerbung.de>

Gestaltung

UNICOM Werbeagentur GmbH
 Hentigstraße 14a, 10318 Berlin
 Tel.: (030) 65 26 42 77
 Fax: (030) 65 26 42 78
 E-Mail: hello@unicommunication.de
<http://www.unicommunication.de>

Vorwort

ILKA SEER, BERND WANNENMACHER & KERRIN ZIELKE, REDAKTION

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

das Wissenschaftsmagazin der Freien Universität stellt in der aktuellen Ausgabe ein Thema in den Mittelpunkt, das gerade in den vergangenen Monaten von vielen Seiten diskutiert wurde: Energie. Wie wichtig dieses Thema ist, zeigt nicht nur die Vielzahl der Artikel, sondern auch die thematische Bandbreite in fundiert: Von der Theaterwissenschaft über die Umweltforschung sowie die Politik- und Wirtschaftswissenschaft bis zur Biologie und Chemie wird das Thema beleuchtet. So schreibt Barbara Gronau von der Energie des Theaters, der Theologe Rainer Kampling geht der Frage nach, welche Energie Glaube und Religion besitzen können, und die Gesundheitspsychologinnen Amelie Wiedemann und Tabea Reuter erklären, welche Maßnahmen sinnvoll sind, wenn die körperliche Energie ausgeht oder fehlt. Eine andere menschliche Energie, die kriminelle Energie, steht im Mittelpunkt des Interviews mit dem Psychologen Klaus-Peter Dahle. Wie Bakterien, Algen und Pflanzen das Sonnenlicht nutzen, um sie in Energieformen umzuwandeln, wissen die Physiker Oliver Kühn und Thomas Renger: Das Geheimnis liegt in der Photosynthese, die auch der Leibniz-Preisträger Wolfram Saenger und der Physiker Bernhard Loll untersuchen. Insekten sind das Thema von Hans-Joachim Pflüger, genauer: die Heuschrecken. Wie effizient die kleinen Hüpfen ihre Energie einsetzen, erfahren Sie im Beitrag des Neurobiologen. Das liebe Vieh behandelt der Artikel von Kerstin Müller und Corinna Weber: Die Veterinärmedizinerinnen beschreiben, welche hohe Energieleistung eine Kuh bei der Milcherzeugung vollbringt. Mit vier Wissenschaftlern ist die Forschungsstelle für Umweltpolitik der Freien Universität vertreten: Corinna Fischer stellt Möglichkeiten vor, wie im Haushalt Strom gespart werden

kann, Lutz Mez fragt nach der Zukunft der Atomenergie in Deutschland, dem „Energiehunger“ Chinas widmet sich Matthias Adolf, und Danyel Reiche beschreibt, welche Möglichkeiten Bund und Länder haben, erneuerbare Energie zu fördern. Dass Ölvorräte nicht unendlich sind, ist bekannt. Was aber tun Mineralöl- und Automobilkonzerne, um alternative Kraftstoffe zu finden? Die Antwort gibt der Wirtschaftswissenschaftler Jan Strobel im Interview. Auch Fernreisen wirken wegen der CO₂-Emissionen auf die Umwelt – warum wir überhaupt ver-



Jan Boschert

reisen, was uns in die Ferne schweifen lässt, weiß die Tourismusforscherin Kristiane Klemm. Aus der Ferne berichtet auch die Wirtschaftswissenschaftlerin Katrin Jordan – vom Energiemix in den USA.

In eine erdgeschichtliche Sicht stellt die aktuellen Klimaveränderungen Helmut Keupp – diese Perspektive umfasst Tausende und Millionen Jahre. Wie die Freie Universität erfolgreich Energie spart, erklärt Ihnen Andreas Wanke – die Lösungen für den Fachbereich Veterinärmedizin erfahren Sie von Manfred Sommerer, Tierarzt und IT-Verantwortlicher des Fachbereichs.

Wie immer wünscht die Redaktion viel Vergnügen beim Entdecken der Themenvielfalt und eine anregende Lektüre.



Springer Science+Business Media – Der Partner für Wissenschaft und Praxis



Springer

science+business media

Das Wissen der Welt wächst jeden Tag – im Dialog von Wissenschaftlern und Fachleuten. Springer ist einer der international führenden Wissenschafts- und Fachverlage und fördert die Kommunikation in der Wissenschaftsgemeinschaft wie auch in einzelnen Berufsgruppen – mit Publikationen in den Bereichen Wissenschaft, Medizin, Technik, Wirtschaft, Bau und Verkehr. Qualitativ hochwertige Inhalte: Dafür stehen unsere international renommierten Autoren, unter ihnen 150 Nobelpreisträger.

Schneller Zugang zu Informationen, ob gedruckt oder online: Springer sorgt für kundenorientierte, moderne Aufbereitung von Inhalten – wie eBooks und Zeitschriften, SpringerLink und Open Choice, Online-Plattformen und eDetailing, Datenbanken und Seminare.

www.springer.com

Inhalt

Energie verbrauchen



Barbara Gronau

Die Energie des Theaters10



Amelie U. Wiedemann und Tabea Reuter

Voller Energie durchs Leben

Mit körperlicher Aktivität und gesunder Ernährung18



Corinna Fischer

Strom sparen im Haushalt

Ein unmögliches Unterfangen?24



Katrin Jordan

Barrieren für den Ausbau erneuerbarer Energien32



Kristiane Klemm

Sylt oder Seychellen

Warum reisen die Deutschen?38



Kerstin E. Müller und Corinna N. Weber

Hochleistungssport?

Die Energieleistung der Milchkuh46



Hans-Joachim Pflüger

Der Flug der Insekten

Woher kommt die Energie, und wie wird sie kontrolliert?50

Energie erzeugen



Thomas Renger und Oliver Kühn

Molekulare Energietrichter56



Wolfram Saenger und Bernhard Loll

Strukturelle Einblicke in die Photosynthese

Die Architektur des Photosystems II64



// Mit uns kommen Sie weiter: Wir eröffnen
Ihnen viele neue Perspektiven.

Sie wollen etwas leisten, denken mit und sind bereit,
Verantwortung zu tragen? Viele Firmen warten auf
Sie – wir sagen Ihnen, welche. Mit unserem Know-
how eröffnen wir neue Perspektiven. Sie können nur
gewinnen.

Personal- und Jobmanagement

Mitglied im  

JOB AG 

JOB AG Personaldienstleistungen AG / Rangstraße 9 / 36037 Fulda
T 0661-90250-0 / F 0661-90250-99 / info@job-ag.com / www.job-ag.com

	Helmut Keupp Segen oder Fluch? Fossile Energieträger aus geologischer Sicht	70
	Rainer Kampling Ein' feste Burg ist unser Gott Religion und Energie	76

Energie organisieren

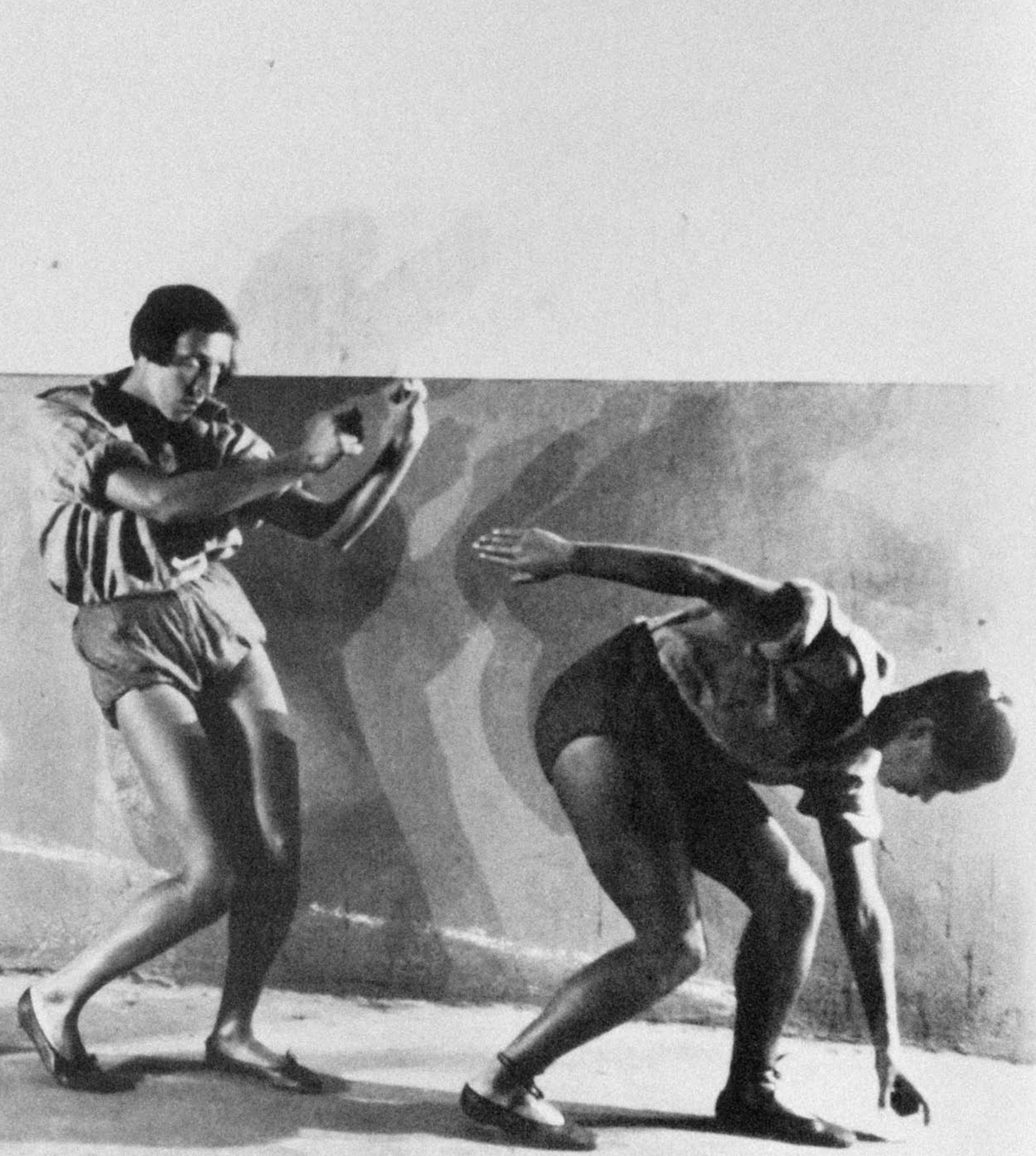
	Andreas Wanke Wer sparen will, muss investieren Energiemanagement an der Freien Universität Berlin	84
	Manfred Sommerer IT fürs Vieh Veterinärmedizin fährt die Rechner runter.	90
	Interview mit Klaus-Peter Dahle Kriminelle Energie Woher kommt sie, und kann man sie behandeln?	98
	Lutz Mez Zukunft der Atomenergienutzung in Deutschland	106
	Danyel Reiche Erneuerbare Energien Es ist noch viel zu tun	114
	Interview mit Jan Christopher Strobel Bio im Tank Von neuen und alten Kraftstoffen	120
	Matthias Adolf Chinas Hunger auf Energie – und seine (amerikanische) Konkurrenz	126

Energie in Stichpunkten

	kurz-fundiert	132
---	---------------------	-----



Biomechanische Etüde in den 1920er Jahren in Moskau: „Der Schuss mit dem Bogen“.



Die Energie des Theaters

Vom Regisseur Eugenio Barba stammt die treffende Beobachtung, dass ein geübter Schauspieler in der Lage sei, die Aufmerksamkeit des Zuschauers nur über das „Energieniveau“ seines Körpers zu erlangen. Die „wissende und suggestive Ausstrahlung“ des Darstellers könne das Publikum auch dann in Spannung versetzen, wenn es einer rein technischen Demonstration, zum Beispiel einer Körperübung, zusieht. Barba muss jedoch einräumen: „Wenn man von der ‚Energie‘ des Darstellers spricht, heißt das, einen Begriff zu verwenden, der tausend Missverständnisse hervorrufen kann.“ Eingedenk seiner etymologischen Bedeutung von „bei der Arbeit sein“ stellt sich der Theatermacher deshalb die Frage: „Wie kann der Körper des Darstellers bei der Arbeit sein, bevor er etwas zum Ausdruck bringt? Durch welches Wort können wir das Wort ‚Energie‘ ersetzen?“

Es verwundert nicht, dass die Rede von der Energie in künstlerischen Kontexten schnell auf Definitions- und Theoretisierungsprobleme trifft. Im Gegensatz zu den Naturwissenschaften können die beim Gesang, beim Mal-Akt oder bei einer Aufführung beteiligten Energien nur schwer differenziert und kaum gemessen werden. Und doch werden sie, wie Barba zu Recht bemerkte, von jedem Betrachter unmittelbar gespürt, ja, er wird sogar – ob unwillkürlich oder bewusst – auf das jeweilige Energieniveau seines Gegenüber mit Aufmerksamkeit, Spannung, Unwohlsein oder Langeweile reagieren.

Die Frage nach der Energie zielt, so lässt sich feststellen, in den Kern der Kunst- und Kulturwissenschaften. Ihre rezeptionsästhetische Seite umfasst das Problem der Beschreibung und Analyse ästhetischer Erfahrungen, die hier vor allem Erfahrungen körperlicher Art sind. Wie lässt sich etwas versprachlichen und theoretisieren, das zwar bemerkt, aber nicht gewogen, gezählt oder fotografiert werden kann?

Die produktionsästhetische Seite des Problems verweist dagegen auf die technischen, habituellen und ökonomischen Parameter, die allen künstlerischen Produktionsvorgängen innewohnen. Jede Opernarie, jede Bewegungsetüde und jeder Pinselstrich bringen energetische Prozesse des Körpers zum Ausdruck. Ob die Darbietungen mit Verve oder mit Verhaltenheit, mit Dynamik oder mit „schicklicher Zurückhaltung“ vor das Publikum gebracht werden, hängt von den historisch und kulturell variierenden Diskursen über die Ökonomie des Körpers ab. So werden Theorien des Energetischen auch dann mitverhandelt, wenn der Begriff in den entsprechenden Schauspiel- oder Theatertheorien gar nicht explizit auftaucht. Eine Ausnahme stel-

len hier asiatische Theaterformen dar, die eine Vielzahl von Bezeichnungen aus dem Begriffsfeld „Energie“ für die Prozesse der Atmung, Bewegung und Interaktion bereithalten, und deshalb zur Inspirationsquelle zahlreicher europäischer Künstler – wie dem

Performative Turn

sind. Mit dem seit den 1990er Jahren auftauchenden *performative turn* haben die Geistes- und Kulturwissenschaften der Frage nach der Energie neue Aufmerksamkeit geschenkt. Die im Stichwort der Performativität zusammengefasste Einsicht, dass nicht nur Texte, Monumente und Objekte, sondern vor allem menschliche Praktiken, Kenntnisse und Aufführungsformen für eine Kultur ausschlaggebend sind, hat den wissenschaftlichen Fokus auf die ereignishaften, körpergebundenen und wirkmächtigen Handlungsformen, von denen alle Kulturen durchdrungen sind, gelenkt. Der „Clou“ dieses Ansatzes besteht unter anderem darin, die Aufteilung künstlerischer Prozesse in Rezeptions- und Produktionsseite durch die Betonung der Untrennbarkeit von Wahrnehmendem und Wahrgenommenem,

„Der Schuss mit dem Bogen“ – Ausschnitt vom Titelbild.



Handelndem und Behandeltem zu überwinden. Die ephemeren und spannungsgeladenen Prozesse zwischen Darstellern und Zuschauern werden zum Gegenstand des wissenschaftlichen Interesses. Wie schwierig jedoch die Theoretisierung solcher Interferenzphänomene ist, zeigt etwa die Diskussion um das Konzept der Atmosphäre, mit dem das energetische Ineinander von inszenierten Dingqualitäten und leiblicher Wahrnehmungswirkung zu fassen versucht wird. Die Energie des Theaters lässt sich somit aus drei Perspektiven betrachten: erstens aus der Perspektive der Ökonomie des Körpers, die in Tanz-, Gesangs- und Schauspieltheorien ausformuliert und in Körpertechniken und -übungen tradiert wird, zweitens aus der Perspektive der Wahrnehmungswirkung, die der jeweilige Körpereinsatz beim Betrachter hervorruft, und drittens aus der Perspektive der kollektiven Austauschprozesse, die sich zwischen den Akteuren vor und hinter der Bühnenram-

pe entfalten. Gerade diese „transgressiven Energien“ – von denen etwa der israelische Theaterforscher Freddie Rokem spricht – haben einen wesentlichen Anteil an der rituellen, gesellschaftlichen und politischen Funktion, die dem Theater seit mehr als zwei Jahrtausenden zukommt. Wenn im Folgenden ein expliziter Verfechter eines Theaters der Energie vorgestellt wird, so geschieht dies vor allem mit Blick auf das utopische Potenzial, das dem Energetischen am Beginn des 20. Jahrhunderts von künstlerischer Seite zugesprochen wurde. Aufbauend auf den physikalischen Experimenten von Luigi Galvani, Michael Faraday und Hermann von Helmholtz und unterstützt durch die zunehmende Technisierung des öffentlichen Lebens entwickelt sich an der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert ein moderner Energiediskurs, in dem Elektrizität, Energie und Leben Synonyme bilden. Darin überwindet die unsichtbare und geräuschlose Allgegenwärtigkeit der Elektrizität die Grenzen von Menschen- und Dingkörpern zugunsten eines gefüllten Raumes der „Ströme und Strahlen“, so der Titel eines vielzitierten Bandes des Kunsthistorikers Christoph Asendorf. In den fließenden Formen von Symbolismus und Jugendstil kommen solcherart „verflüssigte“ Körper ebenso zum Ausdruck wie in den expressionistischen Diskursen über Nervenschwingungen und Reflexe. „Grenzüberschreitung“ und „Kollektivierung“ werden zu utopisch aufgeladenen Metaphern des neuen Energiediskurses, der eine Analogie von Mensch und Maschine zu etablieren sucht.

So formuliert etwa der deutsche Chemiker und Nobelpreisträger Wilhelm Ostwald mit seiner Forderung „Vergeude keine Energie, verwerte sie!“ einen „energetischen Imperativ“, der in Maschinen und Lebewesen gleichermaßen Transformatoren erkennt, die das Ziel haben, die Umwandlungen von Energie so zweckmäßig wie möglich durchzuführen.

Insbesondere in der neu gegründeten Sowjetunion wird „Energie“ zur Metapher für Fortschritt und politische Umgestaltung, wie die Leninsche Pathosformel „Elektrifizierung + Sowjetmacht = Kommunismus“ bezeugt. Für den Dynamismus der frühen sowjetischen Industrialisierungsphase ist die amerikanische Industriegesellschaft noch nicht Feind- sondern Vorbild. Der vitale „Pulsschlag“ und die Geschwindigkeit der amerikanischen Massenproduktion sind viel besungene Inspirationsquellen der sowjetischen Avantgarde. Die Übernahme des von Frederick Winslow Taylor für die amerikanischen Ford-Werke entworfenen *scientific managements* in den Kanon der sozialistischen Arbeitsrichtlinien dient dazu, das teilweise noch feudalistisch produzierende Russland in kürzester Zeit in einen mo-

Elektrifizierung + Sowjetmacht = Kommunismus

Dr. des. Barbara Gronau



Geboren 1972. Von 1994 bis 2002 Studium der Philosophie, Theaterwissenschaft, Kunstgeschichte und Neueren deutschen Literatur in Berlin und Wien. 2002 Magister der Theaterwissenschaft. Von 2002 bis 2004 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Sonderforschungsbereich „Kulturen des Performativen“ der Freien Universität im Teilprojekt „Ästhetik des Performativen“. 2006 Promotion mit dem Prädikat „summa cum laude“

im Fach Theaterwissenschaft. Seit April 2006 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Theaterwissenschaft.

Arbeitsschwerpunkte sind Ästhetik des Gegenwartstheaters, Theorien und Praktiken des Performativen, Interferenzen von Theater und anderen Künsten sowie die Dramaturgie zeitgenössischer Inszenierungen. Laufendes Forschungsvorhaben: Habilitation zur „Ästhetik des Unterlassens“ und Forschungsprojekt zur „Hungerkunst als spektakuläre Performance“ im Rahmen des Sonderforschungsbereichs „Kulturen des Performativen“.

Kontakt

Freie Universität Berlin
 Fachbereich Philosophie und Geisteswissenschaften
 Institut für Theaterwissenschaft
 Grunewaldstraße 35
 12165 Berlin
 Tel.: 030 – 838 503 32
 Fax: 030 – 838 503 65
 E-Mail: bgronau@zedat.fu-berlin.de



deren Industriestaat mit sozialistischen Klassen- und Sozialverhältnissen umzubauen. Weil für die Verwirklichung dieses ehrgeizigen Vorhabens nicht nur eine technisch-industrielle, sondern auch eine soziokulturelle Neuerfindung des Landes und seiner Bewohner nötig ist, müssen Kunst und Produktion gleichermaßen am utopischen Projekt beteiligt werden. Den Künstlern fällt damit die Rolle von Konstrukteuren eines „neuen Lebens“ und von Ingenieuren einer „neuen Psychologie“ zu. Das Œuvre des Theatermachers

Der Schauspieler als *perpetuum mobile*

Wsewolod Meyerhold zeugt in exemplarischer Weise von der Erfindung eines

energetischen Körperbildes, in dem medizinische Reflexologie und gesellschaftlicher Utilitarismus zur Synthese gebracht sind. Das von ihm entwickelte System der Biomechanik umfasst Übungen und Bewegungsvorschriften für männliche und weibliche Schauspieler, die eine „Schnelligkeit“ und „Effizienz“ in der Darstellung garantieren sollen. Ausgehend von Pawlows und Bechterews Studien zu den bedingten Nervenreflexen entwickelt Meyerhold einen antipsychologischen Schauspielstil, bei dem die „reflektorische Erregbarkeit“ zum Ausgangspunkt jeder Darstellung wird. Dabei kehrt der Regisseur das (in Russland mit Konstantin Stanislawski sehr erfolgreich praktizierte) Prinzip des psychologischen Einfühlungstheaters um. Der Darsteller soll die Figur nicht „von innen heraus“ mit seinen eigenen Gefühlen und Erinnerungen beleben, sondern die Bewegungen, Worte und sogar Empfindungen der Schauspieler werden als Folge einer rein äußerlichen Nervenbehandlung gedacht: „Ein Mann tut so, als laufe er erschrocken vor einem Hund davon. Es ist kein Hund da, aber er läuft, als ob ein Hund hinter ihm her wäre. Beim Laufen entsteht in dem Mann tatsächlich ein Angstgefühl. So ist die Natur des Reflexes. Ein Reflex erregt einen anderen.“ An die Stelle der psychologischen Einfühlungstaktiken von Erinnern, Durcharbeiten und Wiederverkörpern tritt das rhythmische Training von Muskelkraft und physischen Reflexen.

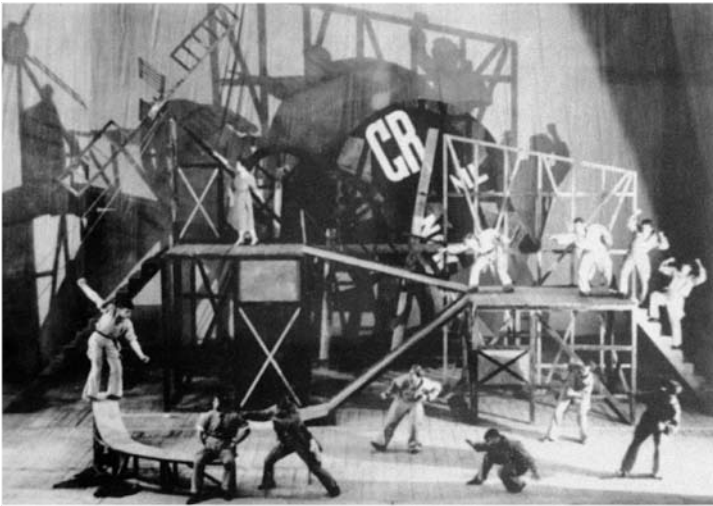
Das Körperbild, das in den biomechanischen Etüden der Schauspieler aufgerufen wird, ähnelt denn auch einem Boxer oder Skiläufer: „halb Gehen, halb Laufen, immer auf Federn“ soll der Gang des Schauspielers sein. „Der Zuschauer muss immer den Eindruck einer nicht ausgenutzten Reserve haben“, fordert Meyerhold von seinen Darstellern. Der Eindruck eines menschlichen *perpetuum mobile* korrespondiert mit dem neuen gesellschaftlichen Ideal des ununterbrochenen Produktionsflusses, bei dem „die Kardinalfrage: das Problem der Ermüdung“ nahezu zum Verschwinden gebracht worden ist. Meyerhold orientiert sich am modernen „Eilmenschen“, mit seiner „schnellen Reaktion,



Biomechanik des Körpers: Die Schauspielertüde „Der Dolchstoß“.

mit seiner Fähigkeit immer aufnahmebereit gegenüber den Ideen des sozialistischen Aufbaus zu sein, mit seiner Fähigkeit, sich zu schonen, indem er ein Minimum an nervlicher Energie verbraucht.“ In einer Gesellschaft, in der die Arbeit nicht mehr Fluch, sondern „freudvolle Notwendigkeit“ ist, lässt sich eine Unterteilung in notwendige Arbeit und angenehme Erholung nicht länger aufrechterhalten. Die Erholung soll deshalb integrativer Bestandteil des immerwährenden sozialistischen Aufbauprozesses sein. Meyerhold will analog zur Industrie die Theaterges-
Eilmenschenten rationalisieren und effektivieren, weil der Kunst, die in den allgemeinen Zeitplan der Werktätigen eingeschlossen ist, eine bestimmte Zeit gegeben wird, die maximal zu nützen sei.

Die von Alexei Gastev am staatlichen sowjetischen Arbeitsinstitut analysierten Bewegungsabläufe von Handwerkern und Industriearbeitern werden zum Vorbild der Meyerhold'schen Körperarbeit. Dabei gilt es, sich an drei Maximen zu orientieren: Jede Geste ist Resultat der Arbeit des ganzen Körpers; jede Bewegung erfolgt aus dem Zentrum des Körpers, das bei Meyerhold der Solarplexus ist und jede Bewegung entsteht aus einer



Dynamische Formen im Raum: Szene aus „Der großmütige Hahnreih“, Moskau 1922.

körperlichen Grundspannung. Die Arbeit an Balance, Standfestigkeit und Spannung kennzeichnet Meyerholds biomechanisches Trainingsprogramm. Jede Etüde besteht aus unzähligen segmentierten Einzelbewegungen: Sprünge, Drehungen, Gewichtsverlagerungen etc., die nach Maßgabe eines zugrunde liegenden Rhythmus“ in ein dynamisches Bewegungskontinuum gebracht werden. Sie folgen einem dreiteiligen Bewegungsschema, das aus Otkas (ausholen, vorbereiten-

de Gegenbewegung), Posyl (Ausführen der Bewegung) und Stoika (Stand) besteht. Wichtig ist hier, dass jede Bewegung nicht aus einem statischen „Nullzustand“, sondern aus einer bereits vorher begonnenen Geste hervorgeht, sodass jede Aufführung aus einer unendlichen Kette von Bewegungssequenzen entsteht. Auch der Begriff Tormos (russisch: Bremse) enthält einen zentralen Hinweis auf Meyerholds Bewegungsphilosophie. Jede Bewegung wird bei ihrer Ausführung bereits abgebremst, sodass selbst bei schnellen und akrobatischen Aktionen der Schauspieler sein Gleichgewicht behält und seine Bewegungen bewusst kontrolliert. Im Gegensatz zur Pose,

**Gemeinschaft
ohne Rampe**

bei der die Bewegung auf ihrem Höhepunkt „eingefroren“ wird, arbeiten Meyerholds Schauspieler am potenziellen Umschlag in eine neue Bewegung. So entsteht ein permanenter Progress, der in keiner Klimax aufgehoben wird. Durch die Abschaffung der Rampe zwischen Bühne und Auditorium werden die Zuschauer architektonisch in das Geschehen eingebunden. Die geforderte Annäherung von Theater und Leben stützt sich jedoch nicht nur auf eine räumliche Verschmelzung, sondern ebenso auf den Wegfall typischer theatraler Illusionselemente, wie Kostüm und Schminke. Meyerholds Bühnenbildnerin Ljubow Popowa hatte für Meyerholds Darsteller einen blauen Einheitsan-

Die Abschaffung der Rampe soll die Zuschauer architektonisch in das Bühnengeschehen einbinden.





zug kreiert, der dem Vorbild industrieller Arbeitsmon-
tur nachempfunden war. Die Schauspieler verzichteten
auf die Verwendung von Schminke, was bei der Größe
der Bühne umso mehr dazu beitrug, dass die Akteure
einzig mit den Bewegungen des Körpers Emotionen
und Handlungen ausdrücken konnten. „Von Maske
und Kostüm befreit, handhabten wir die Ausdrucksmit-
tel des eigenen Körpers, studierten wir die Gesetze der
Haltungen, dann die der stürmisch vorandrängenden
Bewegung, die Dynamik des Dialogs, die Spannungse-
lemente der Handlung ... und das allein vermittelt des
Körpers. Keinerlei Dekoration. Nichts als der menschi-
che Körper.“

Die Tatsache, dass auf gewöhnliche Bühnenhilfsmittel
verzichtet wurde, bedeutete außerdem, dass die Darstel-
ler in vermehrter Weise zusammen agieren mussten,

Energie des Dargestellten

um bestimmte Momente des Geschehens zu be-
tonen oder zu karikieren. Während das psycho-
logische Theater vor allem die Intonation und
die Gesichtsmimik zu den wichtigsten Ausdrucksele-
menten der Darstellung erkoren hatte, so weitete Mey-
erhold die Bestimmung signifikanter Elemente auf den
gesamten Körper aus. In der Dynamik des bewegten
Körpers erkannte der Künstler den Schlüssel zu allen
mental und physischen Ausdrucksmöglichkeiten der
Bühne.

Indem Meyerhold mit solcher Strategie die Energie des
Dargestellten betonte und ihren Zeichencharakter als
beliebig verschiebbaren erkennen ließ, drehte er das
Prinzip literarischer Inhaltsästhetik zugunsten einer
konstruktivistischen Gestaltung um. Genau hier steht
Meyerholds Arbeit im Einklang mit der utopischen
Setzung von Geschichte, wie sie die künstlerischen
Avantgarden der 1920er Jahre formuliert haben. Zehn
Jahre später werden die offen sichtbaren Konstruktio-
nsformen deshalb mit dem Bannstrahl des Formalis-
mus-Vorwurfs aus den Fotomontagen, Fotoreportagen
und Inszenierungen verbannt, weil sie – wie Hubertus
Gaßner formuliert hat – „dem Betrachter immer zu er-
kennen geben, dass die dort abgebildete Wirklichkeit
in Wahrheit nicht so ist, wie sie zu sein vorgibt, dass
sie bloß montiert worden ist und deshalb auch wieder
verändert und neu zusammengesetzt werden kann.“
Als Stalin Mitte der 1930er Jahre den gesellschaftlichen
Status Quo des Sowjetischen Staates als „vollendeten
Sozialismus“ deklarierte, der nun in ausschließlich in
Formen des sozialistischen Realismus widerspiegelt
werden durfte, wird dem Regisseur das utopische Po-
tenzial seiner Kunst zum tödlichen Verhängnis. Mey-
erhold – seinen Zeitgenossen als „Taylor des Theaters“
bekannt – wird am 2. Februar 1940 vom sowjetischen
Geheimdienst erschossen.



Der Taylor des Theaters: Wsewolod Meyerhold (1874–1940).

Die Frage nach der Energie des Theaters ist von den
westeuropäischen Theater-Avantgarden in diesem ge-
sellschaftspolitischen Sinne erst wieder mit der Akti-
onskunst der 1960er Jahre aufgegriffen worden. Auch
wenn es nun nicht mehr um Aspekte der Effizienz und
Produktivitätssteigerung geht, wird Meyerholds Verfah-
ren des kreativen Arbeitens „von außen nach innen“ zu
einem Leitmotiv des zeitgenössischen Theaters.

Literatur

Asendorf, Christoph: Batterien der Lebenskraft. Zur Geschichte
der Dinge und ihrer Wahrnehmung im 19. Jahrhundert,
Gießen 1984.

Asendorf, Christoph: Ströme und Strahlen. Das langsame Ver-
schwinden der Materie um 1900, Gießen 1989.

Barba, Eugenio: „Wiederkehrende Prinzipien“ in: Pfaff/Keil/
Schläpfer (Hg.): Der sprechende Körper. Texte zur Theater-
anthropologie, Berlin 1996, S. 77–98.

Bochow, Jörg: Das Theater Meyerholds und die Biomechanik,
Berlin 1997.

Meyerhold, Wsewolod: Schriften, Band I und II, Berlin 1979.

Rokem, Freddie: „Theatrical and Transgressive Energies“ in:
Assaph C, 15 (1990), S. 19–38.

Ostwald, Wilhelm: Der energetische Imperativ, Leipzig 1912.



Berlin hat Visionen.

Und eine Bank, die Ihre Initiative persönlich unterstützt.

Wer große Visionen für seine Geschäftsidee hat, braucht einen Partner, der mit ihm geht. Ihr persönlicher Firmenkundenbetreuer entwickelt Finanzierungs- und Anlagelösungen, die auf die Ziele Ihres Unternehmens abgestimmt sind. Am besten, Sie überzeugen sich selbst: (030) 31 09 33 50.

Die persönliche Bank.

B BERLINER BANK

A low-angle shot of a cornfield with tall green stalks in the foreground. In the upper right, a person is captured mid-jump, with their legs and arms visible against a clear blue sky. The overall scene conveys a sense of energy and vitality.

Voller Energie durchs Leben

Mit körperlicher Aktivität und gesunder Ernährung



Unser Körper ist ein regelrechtes Kraftwerk: Er gewinnt und verarbeitet Energie aus der Nahrung und setzt sie nach Bedarf in Kraft, Wärme oder Bewegung um. Wenn allerdings mehr Energie aufgenommen als verbraucht wird, speichert der Körper diese überschüssige Energie in Form von Fett. Die Folge: Übergewicht kann entstehen. Nach Angaben des Robert-Koch-Instituts waren in Deutschland im vergangenen Jahr rund die Hälfte der erwachsenen Männer und ein Drittel der Frauen übergewichtig. Mit gesunder Ernährung und ausreichender körperlicher Aktivität kann dem Übergewicht vorgebeugt werden. Zahlreiche chronische Leiden, wie Herz-Kreislauf-Krankheiten und Diabetes mellitus Typ 2, sind durch die überschüssigen Pfunde mitbedingt, und können ebenfalls durch eine gesunde Ernährung und körperliche Aktivität positiv beeinflusst werden. Diese Fakten sind den meisten von uns bekannt. Wir wissen, was unserem Körper gut tut, und auch entsprechende Vorsätze, beispielsweise mehr Sport zu treiben, sind schnell gefasst. Dennoch fällt es uns oft schwer, diese Absichten in die Tat umzusetzen, also einen gesunden Lebensstil aufzunehmen und dauerhaft aufrechtzuerhalten.

An diesem Punkt setzt die Gesundheitspsychologie an – mit dem Ziel, Gesundheitsverhalten zu beschreiben, zu erklären und zu optimieren. Auf der Grundlage von

Gesunde Ernährung

Theorien und Modellen entwickelt und bewertet sie Maßnahmen zur Förderung

von Gesundheitsverhaltensweisen wie zum Beispiel einer gesunden Ernährung und körperlicher Aktivität.

Viele Menschen in Deutschland nehmen beim Essen mehr Energie auf als sie verbrauchen und stellen ihre Nahrung falsch zusammen (zum Beispiel zu fettreich). Um weniger Energie aufzunehmen, empfiehlt sich eine Ernährung mit viel Obst und Gemüse, weil beides eine geringe Energiedichte aufweist. Die Energiedichte beschreibt das Verhältnis der Energiemenge zum Gewicht (Kilojoule pro Gramm). Obst und Gemüse haben wegen ihres hohen Wassergehalts ein vergleichsweise hohes Gewicht bei einer geringen Energiemenge. Im Gegensatz dazu bedeutet fettreiche Kost eine hohe Energiezufuhr bei einer geringen Nahrungsmenge. Wenn man Lebensmittel mit einer geringen Energiedichte wählt (3,5 statt 5,6 Kilojoule pro Gramm), kann dies die Energieaufnahme um bis zu 30 Prozent senken und führt dennoch zu einem Sättigungsgefühl. Die internationale Kampagne „5 am Tag“ zielt auch in diese Richtung, indem sie den Verzehr von mindestens fünf Portionen Obst und Gemüse empfiehlt – was circa 650 Gramm entspricht. Neben ihrer günstigen Energiedichte ha-

ben Obst und Gemüse einen weiteren Vorteil: Sie enthalten zahlreiche Vitamine, Mineralstoffe und Spurenelemente. Seit Ende der 1980er Jahre wird in Deutschland mehr Obst und Gemüse gegessen. Leider reicht es trotzdem nur bei der Hälfte der Bevölkerung zu einer Tagesmindestmenge von 400 Gramm – die Empfehlung, 650 Gramm Obst und Gemüse

Körperliche Aktivität

zu essen, wird also nur von wenigen erreicht. Außerdem ist der Verzehr von Fast Food in den letzten Jahren deutlich gestiegen, sodass eine Änderung des Essverhaltens notwendig ist.

Ähnlich ungünstig zeichnet sich das Bild der körperlichen Aktivität in Deutschland ab: Nur wenige Menschen sind so aktiv, wie Experten es empfehlen. Zwar ist über die Hälfte aller Deutschen davon überzeugt, dass sie das empfohlene Maß an körperlicher Aktivität erreicht, tatsächlich ausreichend aktiv sind aber nur 13 Prozent. Um positive Auswirkungen auf die Gesundheit zu erzielen, muss körperliche Aktivität eine bestimmte Häufigkeit, Dauer und Intensität aufweisen: Die Weltgesundheitsorganisation empfiehlt mindestens eine halbe Stunde moderater Aktivität an fünf bis

Altersgruppen	Frauen (in %)	Männer (in %)
18 – 24	37,6	32,5
25 – 34	45,2	37,4
35 – 44	50,0	44,4
45 – 54	62,5	49,5
55 – 64	59,8	53,6
65 – 79	53,2	51,6

Ernährungssituation in Deutschland: Anteil an Personen, die mehr als 400 Gramm Obst und Gemüse pro Tag konsumieren.

Ideal: Energieaufnahme und -verbrauch halten sich die Waage.



Dipl.-Psych. Amelie U. Wiedemann



Geboren 1980 in Berlin. Studium der Psychologie an der Humboldt-Universität zu Berlin (1999 bis 2005), der Technischen Universität und der Freien Universität Berlin. 2002 Auslandssemester am Australian College of Applied Psychology (Sydney). Abschluss des Studiums mit der Diplomarbeit „Volitional Processes in Health Behaviour Regulation: A Longitudinal Study on Interdental Hygiene“ (Freie Universität). 2006 bis 2007 Lehraufträge an der Hochschule Vechta und der Freien Universität. Seit 2006 Promotion im Arbeitsbereich Gesundheitspsychologie an der Freien Universität mit einem Stipendium der KKGS-Stiftung. Forschungsschwerpunkte: Stadienspezifische, computergestützte Interventionen zur theoriebasierten Gesundheitsverhaltensänderung, selbstregulative Strategien und Selbstwirksamkeit.

Dipl.-Psych. Tabea Reuter



Geboren 1978 in Berlin. Studium der Psychologie an der Humboldt-Universität zu Berlin (1998-2005). Abschluss des Studiums mit einer Diplomarbeit zum Thema „Aufgabenbezogene Belastungen, aufgabenbezogener Entscheidungsspielraum und ihre Wirkungen auf die Gesundheit“. Von 2000 bis 2005 wissenschaftliche Mitarbeiterin beim artop - Institut der Humboldt-Universität zu Berlin. Seit 2006 Promotion als

Stipendiatin der International Max Planck Research School LIFE im Arbeitsbereich Gesundheitspsychologie der Freien Universität. Kollegialtensprecherin des Max Planck Graduiertenkollegs LIFE.

Forschungsschwerpunkte: Psychologie der Lebensspanne, Erfolgreiches Altern, Selbstregulationsprozesse und theoriegeleitete Interventionen.

Kontakt

Freie Universität Berlin

Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie

Arbeitsbereich Gesundheitspsychologie

Habelschwerdter Allee 45

14195 Berlin

Tel.: 030 – 838 551 79, Tel.: 030 – 838 556 25

Fax: 030 – 838 556 34

E-Mail: tabea.reuter@fu-berlin.de, wiedeman@zedat.fu-berlin.de

Internet: www.fu-berlin.de/gesund/wiedeman

sieben Tagen der Woche, um gesundheitliche Effekte zu erzielen. Diese Empfehlung entspricht einem zusätzlichen Energieverbrauch von circa 200 Kilokalorien pro Tag. Körperliche Aktivität steigert jedoch nicht nur den Energieverbrauch, sondern auch die subjektiv wahrgenommene Lebensenergie, die Vitalität. Viele Studien belegen, dass regelmäßige körperliche Aktivität zu einer gefühlten höheren Lebensenergie und zu geringerer Müdigkeit führt. Solche positiven Wirkungen finden sich in jeder Altersgruppe – und bei kranken Menschen ebenso wie bei gesunden.

**Beschreibung,
Erklärung, Vorhersage**

Eines der Hauptziele der Gesundheitspsychologie ist die Entwicklung theorie- und evidenzbasierter Interventionen zur Förderung eines gesunden Ernährungs- und Aktivitätsverhaltens. Das Sozialkognitive Prozessmodell des Gesundheitsverhaltens von Ralf Schwarzer kann dabei als Grundlage dienen. Es beschreibt und erklärt den Prozess der Verhaltensänderung und liefert Ansatzpunkte zur Förderung des Gesundheitsverhaltens. Das Modell geht davon aus, dass Menschen ihr Verhalten nicht aufgrund einer einzelnen bewussten Entscheidung ändern, sondern einen Entwicklungsprozess durchlaufen, der von der Absichtslosigkeit bis zum dauerhaften Aufrechterhalten des Gesundheitsverhaltens reicht. In diesem Prozess durchläuft man verschiedene Stadien, jedoch nicht notwendigerweise geradlinig von einem Stadium zum nächsten. Denn ebenso ist ein Verlauf in zyklischen Mustern möglich, da viele Personen Entscheidungen revidieren oder rückfällig werden und somit Stadien mehrmals durchlaufen können. In dem Modell lassen sich drei Stadien unterscheiden, ein prä-intentionales, ein intentionales und ein aktionales Stadium. Gesundheitsförderungsmaßnahmen können gezielt auf diese Stadien zugeschnitten werden. Im prä-intentionalen Stadium befinden sich Personen, die noch nicht die Absicht haben, ihr Verhalten zu ändern. Diese sogenannten Absichtslosen haben sich entweder noch nicht für eine Änderung ihres Gesundheitsverhaltens entschieden – oder sich bewusst dagegen entschieden. Zahlreiche Studien belegen, dass in diesem Stadium Interventionsstrategien besonders effektiv sind, wenn sie auf eine realistische Risikowahrnehmung abzielen, positive Erwartungen bezüglich der Folgen des eigenen Verhaltens aufbauen und die Zuversicht in die eigene Kompetenz (Selbstwirksamkeit) stärken.

Absichtslose

Risikowahrnehmung basiert auf der subjektiven Einschätzung des Schweregrads von Erkrankungen und der eigenen Verwundbarkeit („Mein Risiko, an Diabetes zu erkranken, ist hoch“). Handlungsergebniserwartungen zeigen an, wie Personen den Zusammenhang



zwischen Gesundheitsverhalten und den positiven oder negativen Auswirkungen dieses Verhaltens einschätzen („Wenn ich regelmäßig körperlich aktiv bin, dann tue ich etwas Gutes für meine Gesundheit“). Selbstwirksamkeitserwartungen kennzeichnen die Überzeugung, eine Anforderung, etwa regelmäßige körperliche Aktivität, erfolgreich bewältigen zu können („Ich bin mir sicher, dass ich mich zu intensiver und regelmäßiger Bewegung überwinden kann, auch wenn ich mich nach einer Krankheit erstmal kraftlos fühle“). Alle drei Einflussfaktoren sind wesentlich für die Bildung einer festen Verhaltensabsicht („Ich habe die Absicht, täglich 30 Minuten körperlich aktiv zu sein“), wobei Selbstwirksamkeitserwartungen auch in allen anderen Stadien der Verhaltensänderung eine wichtige Rolle spielen. Menschen, die eine feste Verhaltensabsicht gebildet haben, brauchen nun weitere gezielte Unterstützung, um ihre Absichten in tatsächliches Verhalten umzusetzen. Personen, die ihr Verhalten ändern möchten, aber noch nicht damit begonnen haben, befinden sich im intentionalen Stadium und werden als „Absichtsvolle“ bezeichnet. Ihr Anteil in der Bevölkerung ist hoch: Ungefähr je-

Absichtsvolle

dem Zweiten fällt es schwer, gefasste Vorsätze in die Tat umzusetzen. Dies liegt unter anderem daran, dass die Änderung von Gesundheitsverhalten für viele Menschen mit Einschränkungen von lieb gewonnenen Gewohnheiten einhergeht – beispielsweise mit dem Verzicht auf Pizza oder Chips vor dem Fernseher. Das Ziel für Absichtsvolle ist daher die tatsächliche Aufnahme des gewünschten Verhaltens. Die Umsetzung muss dabei genau geplant werden. Interventionen, die auf eine konkrete Handlungsplanung abzielen, haben sich in diesem Stadium als besonders effektiv erwiesen: Sie fördern die Initiierung des Verhaltens durch eine präzise Planung, „wann“, „wo“ und „wie“ das beabsichtigte Verhalten ausgeübt werden soll. Als „Handelnde“ werden Personen im aktionalen Stadium bezeichnet: Sie setzen ihre Pläne bereits in die Tat um. Dennoch treten oft ungeahnte Schwierigkeiten auf, die die Verhaltensaussführung trotz präziser Handlungsplanung gefährden. Um in derartigen Situationen

Rückfällen vorzubeugen, kann man Bewältigungspläne entwerfen. Dabei werden zunächst die persönlichen Risikosituationen identifiziert, in denen die Verhaltensaussführung gefährdet erscheint. Dann werden Strategien gewählt, mit denen man das gewünschte Verhalten trotz dieser Handlungsbarrieren ausführen kann („Wenn es regnet, dann gehe ich ins Schwimmbad, anstatt zu joggen“). Ziel für „Handelnde“ ist es somit, Rückfälle zu vermeiden und das Durchhaltevermögen zu stärken. In zahlreichen Studien des Arbeitsbereichs Gesundheitspsychologie der Freien Universität konnte die Wirksamkeit von detaillierten Handlungs- und Bewältigungsplänen zur Förderung der körperlichen Aktivität nachgewiesen werden. Jochen Ziegelmann, Sonia Lippke und Ralf Schwarzer konnten in ihrer Arbeit aus dem Jahr 2006 zeigen, dass die Handlungsplanung bei der Aufnahme und bei der Aufrechterhaltung körperlicher Aktivität eine wichtige Rolle spielt, während die Bewältigungsplanung nur in der Phase der dauerhaften Ausführung von körperlicher Aktivität relevant war. Außerdem bestätigte sich, dass die Effekte von Handlungs- und Bewältigungsplänen von den Stadien abhängen: Absichtsvolle profitie-

Handelnde

Absichtslos ist eine Person, die noch nicht das Ziel hat, ein bestimmtes Verhalten auszuführen.

„Ich habe nicht die Absicht, mich drei Mal in der Woche 30 Minuten zu bewegen.“

Absichtsvoll ist eine Person, die das Ziel hat, ein bestimmtes Verhalten auszuführen, es aber noch nicht ausführt.

„Ich will mich drei Mal in der Woche jeweils 30 Minuten bewegen.“

Handelnd ist eine Person, die ein bestimmtes Verhalten bereits ausführt.

„Ich bewege mich drei Mal in der Woche 30 Minuten.“

Im Prozess der Gesundheitsverhaltensänderung durchlaufen Personen drei verschiedene Stadien.

Absichtslose	Absichtsvolle	Handelnde
Risikowahrnehmung Handlungsergebniserwartung Selbstwirksamkeitserwartung	Handlungsplanung Selbstwirksamkeitserwartung	Bewältigungsplanung Selbstwirksamkeitserwartung
Ziel: Intensionsbildung	Ziel: Initiierung des Verhaltens	Ziel: Aufrechterhaltung des Verhaltens

Stadienspezifische Gesundheitsförderung:

Maßgeschneiderte Strategien.

	Frauen (in Prozent)		Männer (in Prozent)	
Altersgruppen	Alte Bundesländer	Neue Bundesländer	Alte Bundesländer	Neue Bundesländer
18 – 19	14,19	19,17	45,95	30,65
20 – 29	13,38	11,98	26,85	22,94
30 – 39	10,18	8,71	17,79	18,52
40 – 49	8,13	5,11	14,39	10,80
50 – 59	9,33	7,88	12,27	12,03
60 – 69	7,87	5,31	14,42	10,90
70 – 79	6,04	2,48	5,50	12,43

Körperliche Aktivität in Deutschland: Anteil der Personen, die die aktuellen Empfehlungen zur körperlichen Aktivität erreichen.



Wir helfen auch Ihnen auf die Sprünge! Infos unter: www.fu-berlin.de/gesund.

Internet

www.fu-berlin.de/gesund
www.5amtag.de
www.richtigfit.de
www.destatis.de
www.ernaehrung-und-bewegung.de

ren von Planungsinterventionen – Absichtslose jedoch nicht (Lippke, Ziegelmann & Schwarzer, 2004). Die positiven Effekte von Planung zeigten sich außerdem in allen Altersgruppen („Erfolgreiches Altern – Prävention im Alter durch körperliche Arbeit“ von Jochen Ziegelmann und Sonia Lippke in fundiert 1/2004 „Alter und Altern“).

In einem aktuellen Projekt wurde eine theorie- und evidenzbasierte Gesundheitsförderungsmaßnahme entwickelt, die Menschen bei der Aufnahme und Aufrechterhaltung einer gesunden Ernährung und regelmäßiger körperlicher Aktivität unterstützt. Dabei werden die verschiedenen Stadien berücksichtigt, in denen sich Personen befinden können. Die Vorteile stadienspezifischer Interventionen zur Gesundheitsförderung gegenüber globalen Maßnahmen liegen vor allem in ihrer Effektivität: Da in jedem Stadium besondere Bedürfnisse und Barrieren auftreten, können stadienspezifische Interventionen speziell darauf abgestimmt werden. Somit unterstützen solche Maßnahmen die Teilnehmer mit Strategien, die für sie besonders hilfreich sind: Es werden jeweils nur Interventionsinhalte vermittelt, die den Übergang von einem Stadium in das nächsthöhere Stadium der Verhaltensänderung fördern, nicht jedoch Interventionskompo-

Maßgeschneiderte Förderung

nen, die frühere oder spätere Stadien betreffen. Irrelevante Informationen werden vermieden – und Frustration, Abwehrreaktionen und Unzufriedenheit treten deutlich seltener auf als bei klassischen Gesundheitsförderungsmaßnahmen. Im aktuellen Projekt kommt auch der Computer zum Einsatz, da computergestützte und maßgeschneiderte Gesundheitsförderungsmaßnahmen zahlreiche Vorteile bieten: In solchen computergestützten Expertensystemen können das Knowhow von Beratern verschiedener Disziplinen integriert und individuelles Feedbacks gegeben werden – ohne teure persönliche Beratungen mit langen Wartezeiten. Die Teilnehmer profitieren von derartigen Gesundheitsförderungsmaßnahmen: Einerseits ist die persönliche Relevanz der dargebotenen Inhalte besonders hoch, andererseits sind solche Angebote zum Beispiel über das Internet leicht zugänglich und zu jeder Tageszeit verfügbar. Neben der praktischen Anwendung eignen sich computergestützte Expertensysteme wegen ihrer Standardisierung auch besonders für die Überprüfung gesundheitspsychologischer Theorien. In ersten Forschungsergebnissen zeigte sich, dass die Gruppe der ehemals Absichtslosen nun feste Absichten gebildet hat, zukünftig körperlich aktiver zu werden und sich gesünder zu ernähren. Die Gruppe der Absichtsvollen und Handelnden konnte dahingegen bereits ihre körperliche Aktivität und ihren Obst- und Gemüse-Verzehr steigern. Über die Website www.fu-berlin.de/gesund kann man sich nicht nur über aktuelle Projekte der Gesundheitspsychologie informieren, sondern auch an einer kostenlosen Gesundheitsförderung teilnehmen. Dabei kann man den eigenen Pfunden zu Leibe rücken oder einfach ein paar eigene Strategien finden, die eigenen gesundheitlichen Ziele in die Tat umzusetzen.

nen, die frühere oder spätere Stadien betreffen. Irrelevante Informationen werden vermieden – und Frustration, Abwehrreaktionen und Unzufriedenheit treten deutlich seltener auf als bei klassischen Gesundheitsförderungsmaßnahmen.

Im aktuellen Projekt kommt auch der Computer zum Einsatz, da computergestützte und maßgeschneiderte Gesundheitsförderungsmaßnahmen zahlreiche Vorteile bieten: In solchen computergestützten Expertensystemen können das Knowhow von Beratern verschiedener Disziplinen integriert und individuelles Feedbacks gegeben werden – ohne teure persönliche Beratungen mit langen Wartezeiten. Die Teilnehmer profitieren von derartigen Gesundheitsförderungsmaßnahmen: Einerseits ist die persönliche Relevanz der dargebotenen Inhalte besonders hoch, andererseits sind solche Angebote zum Beispiel über das Internet leicht zugänglich und zu jeder Tageszeit verfügbar. Neben der praktischen Anwendung eignen sich computergestützte Expertensysteme wegen ihrer Standardisierung auch besonders für die Überprüfung gesundheitspsychologischer Theorien.

In ersten Forschungsergebnissen zeigte sich, dass die Gruppe der ehemals Absichtslosen nun feste Absichten gebildet hat, zukünftig körperlich aktiver zu werden und sich gesünder zu ernähren. Die Gruppe der Absichtsvollen und Handelnden konnte dahingegen bereits ihre körperliche Aktivität und ihren Obst- und Gemüse-Verzehr steigern.

Über die Website www.fu-berlin.de/gesund kann man sich nicht nur über aktuelle Projekte der Gesundheitspsychologie informieren, sondern auch an einer kostenlosen Gesundheitsförderung teilnehmen. Dabei kann man den eigenen Pfunden zu Leibe rücken oder einfach ein paar eigene Strategien finden, die eigenen gesundheitlichen Ziele in die Tat umzusetzen.

Literatur

- Lippke, S., Ziegelmann, J. P. & Schwarzer, R. (2004):** Initiation and maintenance of physical exercise: Stage-specific effects of a planning intervention. *Research in Sports Medicine: An International Journal*, 12, S. 221–240.
- Mensink, G. B. M. (2003):** Bundes-Gesundheitssurvey: Körperliche Aktivität. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Robert Koch-Institut, Berlin.
- Robert Koch-Institut (Hrsg.) (2006):** Gesundheit in Deutschland. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. RKI, Berlin
- Schwarzer, R. (2004):** Psychologie des Gesundheitsverhaltens (3. Auflage). Göttingen, Hogrefe.
- Ziegelmann, J. P. & Lippke, S. (2004):** Erfolgreiches Altern: Prävention im Alter durch körperliche Aktivität. fundiert. Das Wissenschaftsmagazin der Freien Universität Berlin, 1/2004, S. 72–79.
- Ziegelmann, J. P., Lippke, S. & Schwarzer, R. (2006):** Adoption and maintenance of physical activity: Planning interventions in young, middle-aged, and older adults. *Psychology & Health*, 21, S. 145–163.



Strom sparen im Haushalt

Ein unmögliches Unterfangen?



Eine nachhaltige Energieversorgung ist nur möglich, wenn der Energieverbrauch massiv sinkt. Nur wenn Energie nicht weiterhin zum Schornstein, aus den Fenstern oder aus dem Auspuff gejaagt wird, können erneuerbare Energien einen nennenswerten Anteil an der Energieversorgung übernehmen, können knappe Ressourcen eingespart und das Klima geschont werden. Deutschland ist leider noch auf keinem guten Weg. Zwar sank der gesamte Energieverbrauch zwischen 1990 und 2005 leicht, anders sieht es jedoch beim Strom aus: Hier stieg der Verbrauch im selben Zeitraum um rund 13 Prozent von 1.653 auf 1.875 Petajoule.

Stromverbrauch in Haushalten

Aus Umweltsicht ist Strom ein wichtiges Handlungsfeld. Bei der Erzeugung und Verteilung von Strom gehen bis zu zwei Drittel der eingesetzten Energie verloren – als Abwärme in den Kraftwerken oder Leistungsverlust in den Stromnetzen. Ein Petajoule (PJ), also eine Billion Joule, an Strom bedeutet daher etwa drei PJ eingesetzter Primärenergie – mit den entsprechenden Folgen für Klima und Ressourcen. Ein Sorgenkind sind die privaten Haushalte. Hier schießt der Stromverbrauch ungebremst nach oben und kletterte zwischen 1990 und 2005 um mehr als 20 Prozent. Damit sind die Haushalte mittlerweile der zweitgrößte Stromverbraucher nach der Industrie.

Haushalte sind auch eine schwierige Zielgruppe für Maßnahmen zur Stromeinsparung: Es fehlt ihnen sowohl an Informationen als auch an Motivation. Konkrete Einsparmöglichkeiten sind nur vage oder nicht bekannt. Der Stromverbrauch ist eine „unsichtbare“ Größe, denn Elektrizität wird nicht direkt konsumiert, sondern in unterschiedlichen Formen wie angenehmem Licht, arbeitssparenden Küchengeräten oder Unterhaltungselektronik verbraucht. Diese Gerätschaften sorgen für Gemütlichkeit oder eine effiziente Alltagsorganisation

und bereiten Spaß. Finanzielle Anreize zum Sparen gibt es dagegen kaum: Nichts informiert über Stromverbrauch und Kosten, wenn man das Licht oder die Musikanlage einschaltet. Im Vergleich zu übrigen Ausgaben sind die Stromkosten im Durchschnittshaushalt eher gering. Dass sich Investitionen in sparsame Geräte aber „rechnen“, ist oft nicht unmittelbar ersichtlich.

Und es gibt einschränkende Rahmenbedingungen, auf die Haushalte nur wenig Einfluss haben: Ist ein Haushaltsgerät erst einmal angeschafft, bestimmt es den Stromverbrauch über viele Jahre. Gerätenutzung und Investitionsentscheidung liegen zudem oft nicht in einer Hand, etwa bei Heizungen,

Rahmenbedingungen

elektrischer Warmwasserbereitung oder Küchengeräten in Mietwohnungen. Die Mieter, die den Strom bezahlen müssen, haben keinen Einfluss auf die Wahl des Gerätes. Vermieter, die gern das billigste Gerät kaufen, bleiben von den Folgekosten unberührt.

Trotzdem gibt es vielfältige Erfahrungen mit Instrumenten, Projekten und Kampagnen, die Stromeinsparung in privaten Haushalten zum Ziel hatten. Oft sind es durchaus Erfolgsgeschichten. Immer wieder berichten die Initiatoren der Projekte von messbaren Einsparungen. Und doch hatten diese Anstrengungen insgesamt nicht die gewünschte Wirkung, denn der Stromverbrauch der Haushalte steigt weiter. Mit Schwächen einzelner Maßnahmen allein ist dieses Scheitern nicht zu erklären. Vielmehr muss es strukturelle Gründe dafür geben. Diese Gründe aufzuklären

und Handlungsmöglichkeiten aufzuzeigen, war das Ziel des Workshops

Strom sparen im Haushalt – Mission Impossible?

„Strom sparen im Haushalt – Mission Impossible?“, veranstaltet von der Nachwuchsforschungsgruppe TIPS (Transformation and Innovation in Power Systems) im November 2006 in Berlin. TIPS ist eine interdisziplinäre Gruppe, in der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Politik- und Wirtschaftswissenschaft, Physik, Energietechnik und Energieökonomie zusammenarbeiten. Neben der Forschungsstelle für Umweltpolitik am

	Endenergie (PJ)			Endenergie (Anteil des Sektors in Prozent)		Elektrischer Strom (PJ)			Elektrischer Strom (Anteil des Sektors in Prozent)	
	1990	2005	Veränd. Prozent	1990	2005	1990	2005	Veränd. Prozent	1990	2005
Industrie (übriger Bergbau und verarbeitendes Gewerbe)	2.977	2.460	- 17,4	31,4	26,8	748	847	+ 13,2	45,3	45,2
Verkehr	2.379	2.628	+ 10,5	25,1	28,7	49	58	+ 18,4	2,9	3,1
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)	1.749	1.445	- 17,4	18,4	15,7	434	460	+ 6,0	26,3	24,5
Haushalte	2.383	2.640	+ 10,8	25,1	28,8	422	510	+ 20,9	25,5	27,2
Gesamt	9.488	9.173	- 3,3	100,0	100,0	1.653	1.875	+ 13,4	100,0	100,0

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), eigene Berechnungen

Entwicklung des Endenergie- und Stromverbrauchs in Deutschland nach Sektoren.



Auf der Stromrechnung wiederzufinden: angenehmes Licht für Stunden.

Dipl. Pol. Dr. phil. Corinna Fischer



Geboren am 5. Juni 1971 in Karlsruhe. Corinna Fischer studierte Politikwissenschaft und Psychologie in Marburg und Berlin und promovierte an der TU Chemnitz über die Motivation ostdeutscher Jugendlicher zum Engagement in einem Umweltverband. Sie arbeitete als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Deutschen Hygiene-Museum Dresden zum Thema nachhaltiger Konsum sowie freiberuflich in der

Politikberatung, Moderation und politischen Bildung, unter anderem zu Umweltverhalten, nachhaltigem Konsum, politischem Engagement und Lokaler Agenda 21. Seit Juli 2002 forscht sie an der Forschungsstelle für Umweltpolitik der Freien Universität in der Nachwuchsforschungsgruppe „Transformation and Innovation in Power Systems“ (TIPS) zu Gestaltungsmöglichkeiten der Verbraucher für ein nachhaltiges Elektrizitätssystem.

Kontakt

Freie Universität Berlin
Fachbereich Politik- und Sozialwissenschaften
Forschungsstelle für Umweltpolitik
Innestraße 22
14195 Berlin

E-Mail: corinna.fischer@jpberlin.de

Internet: www.fu-berlin.de/ffu
www.tips-project.de

Otto-Suhr-Institut der Freien Universität Berlin sind das Öko-Institut in Freiburg, das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) und das Institut für Energie und Umwelt in Heidelberg (IFEU) vertreten. TIPS wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Programm „Sozial-Ökologische Forschung“ (SÖF) gefördert und hat das Ziel, die Bedingungen und Wirkungen technischer und sozialer Innovationen für ein zukunftsfähiges Elektrizitätssystem zu erkunden. Nach Fallstudien zu technischen Innovationen wie Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung oder Kohlenstoffabscheidung thematisierte TIPS mit dem Workshop nun innovative Politikinstrumente und Verhaltensweisen.

Teilgenommen hatten Expertinnen und Experten aus verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen, Energieagenturen, Beratungsbüros, Umweltorganisationen, Unternehmen und Verwaltung. Ein wichtiger Baustein war eine Bestandsaufnahme aktueller Projekte und Kampagnen, die das Stromsparen in Haushalten fördern sollten. Neun Projekte, von verschiedenen Seiten initiiert, (siehe Tabelle auf Seite 26), wurden vorgestellt und diskutiert – von bundesweiten Kampagnen bis zu Projekten in einer einzelnen Siedlung. Moderne Stromspar-Pro-

Aktuelle Stromspar-Projekte

jekte setzen neben Informationen auch auf weitere Methoden der Verhaltensbeeinflussung. Sie lassen sich mit den Stichworten „Innovative Informationsstrategien“, „Methodenmix“, „Prozessbegleitung“ oder „Kooperation und Partizipation“ beschreiben. Innovative Informationsstrategien setzen Erkenntnisse der Psychologie und Kommunikationswissenschaften um. Eine Information kann ein Verhalten demnach dann beeinflussen, wenn sie den Empfängern praktisch und konkret sagt, was hinsichtlich eines bestimmten Problems zu tun ist. Idealerweise geht sie dabei auf deren besondere Situation ein. Viele Stromspar-Projekte nutzen daher die Entscheidungssituation in einem Haushalt, zum Beispiel, wenn ein neues Gerät angeschafft werden soll. Sie bieten Verbrauchs-Checks für Altgeräte, Produktempfehlungen sowie Informationen zu Einsparpotenzialen durch Neugeräte. Die Informationen können im Internet abgerufen werden; interaktive Elemente ermöglichen dabei ein Zuschneiden auf die spezifischen Bedürfnisse der Haushalte. Oder der Kunde wird von Verkäufern im Geschäft entsprechend beraten. Geht es um Einsparungen durch Verhaltensänderungen, so werden beispielsweise in Vorgesprächen interessante Themenfelder festgelegt, oder die Verbraucher können aus einer Liste auswählen, was ihnen für den eigenen Haushalt besonders geeignet erscheint. Das Wissen um Einsparpotenziale alleine ist aber nur ein Baustein bei der Verhaltensänderung. Hinzukom-



men müssen auch Handlungsmöglichkeiten, Motivation und die Überzeugung, durch sein Verhalten wirklich Einfluss auf den Energieverbrauch nehmen zu können. Deshalb verwenden viele Projekte einen Methodenmix. Beispielsweise setzen Wettbewerbe oder Gewinnspiele Anreize. Eine starke Motivation entsteht auch, wenn sich die Haushalte zu bestimmten Maßnahmen oder quantitativen Einsparungen selbst verpflichten. Einige Projekte setzen auch darauf, soziale Prozesse anzustoßen oder bestehende soziale Netze zu nutzen. In dem Fall werden Stromsparmaßnahmen beispielsweise in einem Verein oder einer Schulklasse geplant und umgesetzt, man tauscht sich mit den Nachbarn aus oder erlebt, dass Menschen aus dem eigenen Umfeld mit gutem Beispiel vorangehen.

Einige Projekte berücksichtigen, dass das Erlernen von Verhaltensänderungen ein langfristiger Prozess ist. Da eine einmalige Konfrontation mit einem Thema meist nicht ausreicht, wird die Zielgruppe über einen längeren Zeitraum begleitet, und sie erhält regelmäßig In-

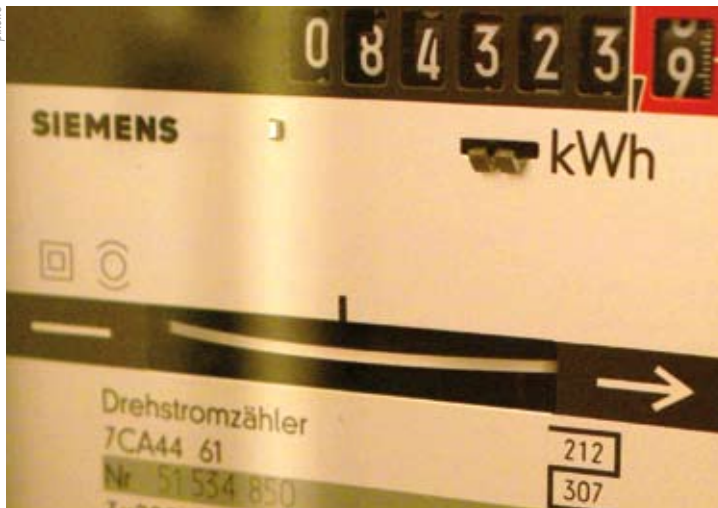
formationen und Anreize zum Strom sparen. Mit kooperativen und partizipativen Ansätzen geben die Initiatoren einen Teil der Projektverwirklichung aus der Hand. Kooperative Ansätze beziehen Akteure ein, die das stromsparende Verhalten unterstützen können. Kooperiert wird beispielsweise mit dem Elektrohandel und Geräteherstellern, um Änderungen im Sortiment herbeizuführen, oder mit Medien und bekannten Persönlichkeiten, die das Vorhaben bekannt machen. Auch Wohnungsbaugesellschaften und Vermieter werden angesprochen, um Mieter zu beraten und ihnen eine gute Infrastruktur zu bieten. Wenn zur Kooperation die Partizipation kommt, haben auch die Verbraucher selbst die Möglichkeit, ihre Ziele und Bedürfnisse in das Stromspar-Projekt einzubringen. Die Erfahrung zeigt, dass die erzielten Einsparungen bei den meisten Projekten nicht direkt gemessen wurden – dennoch gibt es teilweise Hinweise auf Verhaltensänderungen oder einen Wissenszuwachs bei den Teilnehmern. Meist werden Erfolge jedoch eher an

Erfolge und Erfahrungen

Projekt	Ziele	Initiator	Zielgruppe	Vorgehensweise
Initiative Energie-Effizienz	Markttransparenz, verändertes Kauf- und Nutzungsverhalten	Deutsche Energieagentur (dena), EnBW, E.ON, RWE, Vattenfall	Endverbraucher, Handel, Handwerk, Verbraucherberatung und Schulen als Multiplikatoren	massenmediale Botschaften an Endverbraucher, Beratung des Handels, Point-of-Sale-Materialien
CO ₂ online Energiesparberatung	Anschaffung effizienter Neugeräte	BMU	Verbraucher, die Anschaffung von Neugeräten erwägen	Heizungs-, Pumpen-, Kühl-, und Elektrogeräte-Check im Internet. Rückmeldung zum Sparpotenzial bei Anschaffung eines Neugerätes. Link zum Händler/Hersteller, Handwerker-Datenbank. Kooperation mit Medien und 700 Websites (Verlinkung)
EcoTopTen	Entscheidungshilfe beim Produktkauf, Marktdurchdringung für hochwertige Produkte	Öko-Institut	Verbraucher in der Kaufsituation	Test von 21 Produktgruppen. In Broschüren und auf Website werden pro Produktgruppe diejenigen Produkte vorgestellt, die Umwelt-, Qualitäts- und Preiskriterien am besten erfüllen.
Futureeins ¹	Verschiedene, zum Beispiel Kauf regionaler Lebensmittel ¹	Verbraucherzentrale NRW	Verbraucher, Schulklassen	15 Aktionsreihen mit 900 Aktionen sowie 16 Schulklassen in NRW. Direkte Ansprache, niedrigschwellige Selbstverpflichtung, darauf folgend (Online)-Beratungsangebote. Aktionen in Schulklassen, Medienarbeit. Lokale Prominente als Multiplikatoren.
Stromfresser gesucht	Austausch alter HH-Geräte gegen effiziente neue	Vattenfall, Berliner Energieagentur	Haushalte, Schulen	Haushaltsgeräte-Check, Empfehlung für ein Neugerät, Info zum Einsparpotenzial bei Austausch. Gewinnspiel, Beratungshotline, Messgeräte-Verleih, Öffentlichkeitsarbeit, Unterrichtseinheiten.
SHARE	Energieeinsparung im Sozialen Wohnungsbau	Beratungs- und Servicegesellschaft Umwelt mbH, EU-Projekt	Mieter im Sozialen Wohnungsbau in einem Stadtteil	„Mieterforum“ aus Mietervertretern, EVU, Wohnbaugesellschaft, Vaillant, Ämtervertretern. Dies identifiziert Themen und konzipiert Energiesparmaßnahmen. Auf Mieterwünsche abgestimmte Beratungsangebote. 2. Phase: Zielsetzung, Feedback, evtl. Wettbewerb
Mainova Klima Partner-Programm	Umstieg auf hocheffiziente, geregelte Heizpumpen	Mainova	Verbraucher, die Anschaffung von Neugeräten erwägen	Finanzielle Förderung (20 Prozent der Kosten), zwei Fortbildungsseminare für Installateure, Infobroschüre
Prima Klima	Motivierung zur Durchführung von Klimaschutzmaßnahmen	Förderverein Energie- und Solaragentur, econzept Energieplanung GmbH, Freiburg	Vereine und andere Institutionen	Initialtreffen, Infoseminare, Verbrauchsmessung, Maßnahmenplanung und -umsetzung mit den Zielgruppen, Beratung, Internetseite, Quiz
Strom sparen in Lummerlund	Zum Stromsparen motivieren	Institut für Psychologie, Uni Magdeburg	19 Haushalte, Eigentümer von Passivhäusern	Informationsbroschüren, persönliches Gespräch; Selbstverpflichtung, wöchentlich vergleichendes Feedback zum Stromverbrauch, Wettbewerb

¹ Die Kampagne wurde bisher nicht für das Thema Strom sparen eingesetzt, sondern zur Vermarktung von Bio-Lebensmitteln. Die Veranstalter diskutieren aber einen möglichen Transfer auf das Thema Strom sparen.

Aktuelle Stromspar-Projekte und Kampagnen.



Das Wissen um Einsparpotenziale alleine ist nur ein Baustein bei der Verhaltensänderung.

der Bekanntheit und Nutzung des Angebotes, an der Zufriedenheit der Teilnehmer oder der Medienresonanz festgemacht.

Als Erfolgsfaktoren für einen Wissenszuwachs oder Verhaltensänderungen bei der Zielgruppe erweisen sich Kooperationen mit wichtigen Akteuren, ein persönlicher Kontakt zu den Adressaten sowie die Kombination von Information mit Selbstverpflichtung und

Anreizen. Ebenso vielversprechend erscheint ein abgestuftes Vorgehen, das mit niedrigschwelligen Angeboten beginnt. Eine hohe Bekanntheit und Nutzung des Angebotes entsteht einerseits durch Medienarbeit, andererseits durch persönliche Ansprache der Zielgruppen. Für spezielle Gruppen, wie etwa Mieter mit Migrationshintergrund, müssen unter Umständen besondere Programmbausteine entwickelt werden. Auch zusätzliche Anreize, etwa ein Gewinnspiel, motivieren zur Nutzung. Schwierigkeiten zeichnen sich insbesondere dann ab, wenn ein Thema wenig bekannt ist (wie etwa der Stromverbrauch durch Heizungspumpen) oder wenn wichtige Kooperationspartner (etwa die Hersteller der Pumpen) schwer „ins Boot zu holen“ sind. Positive Rückmeldungen bei den Teilnehmern verzeichnen besonders Projekte, die bedarfsgerechte Angebote machen und große Partizipationsmöglichkeiten bieten. Die Medienresonanz schließlich kann nicht nur durch professionelle Medienarbeit gesteigert werden, sondern auch durch kreative öffentliche Aktionen, den Einsatz von Prominenten als Multiplikatoren oder eine intensive Nutzung elektronischer Medien. Insgesamt erscheint es jedoch relativ schwierig, Verbraucher für das Thema Stromeinsparung zu interessieren – insbesondere in Konkurrenz zu den vie-

Konkurrenz

IBB BerlinINTRO

*Andere machen Kaffeeklatsch –
Sie den Chef.*

Mit IBB Berlin INTRO schaffen Sie sich die finanziellen Voraussetzungen für Ihre unternehmerische Zukunft. Wir unterstützen Sie beim Aufbau Ihres eigenen Unternehmens in Berlin.

Wir beraten Sie gern:
Telefon: 030 / 2125-4747
E-Mail: zukunft@ibb.de

www.ibb.de/berlinintro

**Investitionsbank
Berlin**
Leistung für Berlin.



len Werbebotschaften und anderen Themen, die um die Aufmerksamkeit der Haushalte buhlen. Gruppen, Schulklassen oder Vereine scheinen dabei leichter erreichbar als Einzelpersonen. Dialogische Maßnahmen haben oft mehr Erfolg als Einweg-Kommunikation: Sie motivieren und ermöglichen eine individuelle Ansprache. Dabei sind Zielkonflikte zu beachten. So lässt sich beispielsweise eine Beratung persönlich gestalten, wenn die im Haushalt vorhandenen Gerätetypen bekannt sind. Es kann aber für die Haushalte schwierig sein, diese Informationen zu beschaffen – ein Motivationskiller. Ein ähnlicher Konflikt besteht zwischen persönlicher Ansprache und Reichweite: Eine persönliche Ansprache ist personell und finanziell so aufwändig, dass keine breiten Bevölkerungsschichten erreicht werden können. Viel zu selten findet auch eine Evaluation der Effektivität und Effizienz von Maßnahmen statt. Dabei wäre sie erforderlich, um aus dieser Erfahrung lernen zu können. Idealerweise sollten dabei tatsächliche Einsparungen, die Anschaffung effizienter Geräte oder nachweisbare Verhaltensänderungen untersucht werden. Aspekte wie Bekanntheit und Nutzung des Angebots, Zufriedenheit der Adressaten oder Medienresonanz können nur nachgeordnete Erfolgskriterien sein: Sie zeigen nicht notwendigerweise, dass das Ziel Stromeinsparung erreicht wurde.

Die Auswertung aller Projekte hat ein Potpourri von Möglichkeiten zur Verhaltensbeeinflussung bei Verbrauchern aufgezeigt, aber auch deren Grenzen: Endverbraucher haben nur begrenzte Handlungsmöglichkeiten, da Gerätehersteller für die Effizienz der verfügbaren Geräte verantwortlich sind.

Möglichkeiten und Grenzen

Handel und Hersteller bewerben Geräte, wobei die Energieeffizienz normalerweise nicht im Mittelpunkt steht. Energieversorger gestalten Stromtarife und damit die Anreizstruktur. Die oft wenig detaillierte Stromrechnung informiert nicht genug über den Verbrauch, um für Einsparungen zu motivieren. Politische Entscheidungsträger entscheiden über Verbrauchsstandards und Labels und beeinflussen mittels Steuern und Abgaben die Strompreise.

Je nach Problemlage kann es daher sinnvoll sein, an anderer Stelle als dem Nutzerverhalten anzusetzen: Zum Beispiel ist die Vermeidung von Leerlaufverbrauch für Verbraucher oft aufwändig und wenig profitabel, während sich das Problem mittels Verbrauchsstandards leicht lösen ließe.

Schließlich stoßen die Projekte an Grenzen, da sie mit einem begrenzten Budget über einen begrenzten Zeitraum und für eine begrenzte Zielgruppe arbeiten. Effizienter kann es sein, durch politische Entscheidungen oder die Preisgestaltung Rahmenbedingungen beim

Leerlauf vermeiden: einfach mal den Stecker raus!



Pixelio



Strom sparen geht leicht, man muss nicht gleich die Sicherung entfernen.

Stromverbrauch zu verändern. Politische Schritte können aber nicht mit einem Handstreich vorgenommen werden, und Akteure wie Gerätehersteller, Handel oder Energieversorger können nicht ohne Weiteres motiviert werden, Maßnahmen zum Stromsparen in Haushalten zu unterstützen. Nach der Auswertung der Projekte wurde im Workshop und einer darauf aufbauenden Publikation deshalb das notwendige Zusammenspiel zwischen Maßnahmen für Verbraucher und der Gestaltung

von Rahmenbedingungen untersucht, und wichtige Fragen diskutiert:

- ▶ Welche Bedingungen müssen gegeben sein, um auch in Deutschland erfolgreiche politische Instrumente wie Energieeffizienz-Fonds oder Stromspar-Zertifikate einzuführen, die in anderen Ländern erfolgreich sind?
- ▶ Welche Voraussetzungen sind nötig, damit die zeitlich und räumlich begrenzten Projekte für Verbraucher mehr Breitenwirkung entfalten können?
- ▶ Wie müssen verschiedene politische Instrumente und Maßnahmen einander ergänzen, um einen maximalen Effekt zu erzielen?
- ▶ Was lässt sich dagegen tun, dass Effizienzgewinne bei Geräten immer wieder von neuen Gewohnheiten, Lebensstiltrends und Entwicklungen wie der Informationsgesellschaft „aufgefressen“ werden?

Die Ergebnisse und Antworten werden voraussichtlich im Spätsommer 2007 in einem interdisziplinären Sammelband präsentiert. Es geht aber auch elektronisch: Auf der Website <http://www.tips-project.de/> kann sich jeder über das Forschungsprogramm TIPS informieren und das Stromsparen im Haushalt zu einer Mission Possible machen.



fotolia/Nicholas Hornich

Barrieren für den Ausbau erneuerbarer Energien



Windkraftanlage in den USA, Tehachapi Pass, Kalifornien



Mehr als 80 Prozent des Energieverbrauchs der OECD-Länder werden durch fossile Energieträger wie Öl, Gas und Kohle gedeckt. Die Vorteile erneuerbarer Energien sind zwar offenkundig, ihr Anteil am Energiemix ist in den OECD-Ländern jedoch relativ gering. Vor allem die höheren Produktionskosten werden für ihren geringen Marktanteil angeführt. Aufgrund massiver Kostensenkung in den letzten Jahren sind einzelne erneuerbare Energieträger heute aber mit konventionellen durchaus wettbewerbsfähig. Trotzdem haben alternative Energien mit zwei großen Problemen zu kämpfen: Der Anbindung an das Stromnetz und den Zugang zu Kapital.

Zu den erneuerbaren Energien gehören nach einer Definition der Internationalen Energieagentur (IEA) Energieträger, die aus natürlichen Prozessen gewonnen werden und die ständig nachwachsen: Sonnenenergie, Biomasse, Wasserkraft, Windenergie, Erdwärme sowie Meeres- und Wellenenergie. Das größte Potenzial für den zukünftigen Einsatz wird dabei den so genannten „neuen“ erneuerbaren Energien beigemessen – vor allem der Windenergie zu Land und zu Wasser, der Photovoltaik und der Erdwärme. Der Anteil erneuerbarer Energien am primären Energieverbrauch lag in den OECD-Ländern 2005 bei 6 Prozent und hat sich in den 1990er Jahren nicht wesentlich verändert. In Ländern außerhalb der OECD lag der Anteil mit rund 20 Prozent deutlich höher, allerdings entfielen davon fast 87 Prozent auf die traditionelle Verwendung von Biomasse, vor allem Holz, und der Einsatz von Wind- und Sonnenenergie liegt bei nicht mal einem Prozent. Einen höheren Anteil beim Strom erzielen erneuerbare Energien in den OECD-Ländern, in denen sie in drei verschiedenen Märkten mit konventionellen Brennstoffen konkurrieren müssen: bei der Stromerzeugung, dem Wärmemarkt und dem Transportsektor. 2004 machten erneuerbare Energien 15 Prozent der Stromerzeugung aus und blieben damit unter dem Höchstwert des Jahres 2003 (17,9 Prozent) und auch unter dem durchschnittlichen Anteil von rund 17 Prozent im Zeitraum von 1990 bis 2004. Dies liegt – trotz der hohen Wachstumsraten erneuerbarer Energien während der 1990er Jahre – vor allem daran, dass auch der Anteil anderer Energieträger stark gewachsen ist. Bei den „neuen“ erneuerbaren Energien ist die Stromerzeugung aus Windkraft in den OECD-Ländern seit 1990 durchschnittlich um knapp 25 Prozent pro Jahr gestiegen, Photovoltaik hat durchschnittlich sogar um 33 Prozent jährlich zugelegt. Je nach Land waren die Entwicklungen sehr unterschiedlich: In Deutschland hat die Stromerzeugung

aus Photovoltaik und Windkraft um 72,6 Prozent beziehungsweise 55,4 Prozent pro Jahr im Durchschnitt zugenommen, während in den USA die Entwicklung mit 12,2 Prozent für Photovoltaik und 12,9 Prozent für Windenergie weniger rasant war.

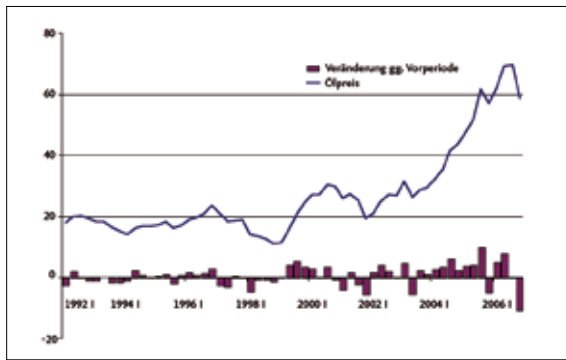
Erneuerbare Energien haben im Wesentlichen drei Vorteile: Sie leisten einen Beitrag zum Klima- und Umweltschutz, zur Sicherung der Energieversorgung und zur Erhöhung der wirtschaftlichen Planungssicherheit. Die wirtschaftliche Planungssicherheit steht hierbei im Mittelpunkt, da ein höherer Anteil an erneuerbaren Energien dabei helfen kann, sich gegen die Risiken von Investitions- oder Finanzierungsmöglichkeiten auf den Öl- und Gasmärkten abzusichern – denn vor allem deren Schwankungen und Unsicherheit bei der

Drei Vorteile

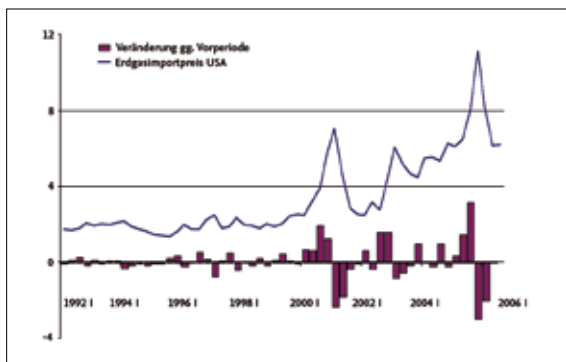
Preisentwicklung wirken sich negativ auf Investitionen und Wirtschaftswachstum aus. Die Abbildungen rechts zeigen die Entwicklung der Erdöl- und der Erdgaspreise in den 1990er Jahren. Bei beiden Energieträgern haben die Investitionsrisiken seit der Jahrtausendwende zugenommen und für Veränderungen im Vergleich zu den relativ ruhigen 1990er Jahren gesorgt. Gerade die Entwicklung der Erdgaspreise ist für den Stromsektor von größerer Bedeutung, da Gas der wichtigere Energieträger bei der Stromgewinnung ist, während Öl hier nur eine untergeordnete Rolle spielt. Ein höherer Anteil an erneuerbarer Energie verbessert durch die Preisstabilität die wirtschaftliche Planungssicherheit, da bei der Nutzung von Wind- und Sonnenkraft keine Brennstoffkosten anfallen, die Preisschwankungen unterliegen. Etwa 70 Prozent der weltweit bestätigten Erdöl- und auch ein wesentlicher Teil der Erdgasreserven befinden sich im Nahen Osten. Die politische Instabilität dieser Region erhöht das Risiko starker Preisschwankungen. Bei der wirtschaftlichen Beurteilung von erneuerbarer Energie findet dieser

Windenergie hat großes Potenzial beim Einsatz von erneuerbarer Energie.





Ölpreis (Brent, US-Dollar/Barrel), 1992 bis 2006, Quartalswerte und Veränderung gegenüber der Vorperiode.



Durchschnittliche Erdgasimportpreise der USA (US-Dollar/British thermal unit), 1992 bis 2006, Quartalswerte und Veränderung gegenüber der Vorperiode.

„Risiko-Reduzierungsvorteil“ bislang wenig Beachtung. Ein Grund dafür ist sicherlich auch, dass diese Vorteile sehr schwer quantifizierbar sind.

Da sich die verbleibenden Energieressourcen auf wenige instabile Regionen konzentrieren, sehen in den USA mittlerweile auch konservative Kreise eine Ausweitung von erneuerbarer Energie als Beitrag zur Erhöhung der Versorgungssicherheit. Im US-amerikanischen Kongress koalitierten sogar liberale Abgeordnete mit Konservativen: Beide Gruppen wollen den amerikanischen Ölverbrauch drastisch reduzieren und sehen in der Ausweitung von erneuerbarer Energie ein Mittel dafür. Allerdings handeln beide Seiten aus unterschiedlichen Motiven: Konservative Politiker wollen die Energie-Exportabhängigkeit der USA reduzieren, Liberale handeln aus ökologischem Antrieb. Insgesamt ist der Anteil erneuerbarer Energie am Energiemix aber weiterhin relativ gering – trotz der umweltpolitischen, sicherheitspolitischen und wirtschaftlichen Vorteile, die beide politische Lager sehen.

Noch vor wenigen Jahren lagen die Kosten für „grünen“ Strom deutlich über denen für konventionellen Strom. Zwar sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Technologien enorm, Windenergie und Wasserkraft sind heute jedoch unter günstigen Bedingungen

mit den Kosten für die konventionelle Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern und Kernenergie zu vergleichen. Nach Angaben der IEA liegen sie zwischen 3 und 10 beziehungsweise 2 und 10 US-Cent je Kilowattstunde (siehe Seite 34). Insgesamt konnten die Produktionskosten für erneuerbare Energien in den letzten zehn Jahren aber stark reduziert werden. Die Stromerzeugungskosten für Wind- und auch Solarstrom etwa sind heute um die Hälfte geringer als noch vor 10 bis 15 Jahren – vor allem durch die **Stromerzeugungskosten**

stetige technische Weiterentwicklung. Langfristig und unter günstigen Bedingungen wird erwartet, dass sich die Kosten weiter massiv reduzieren und bis 2020 bei 0,01 bis 0,02 für Geothermie, 0,03 für Wind- und Wasserkraft, 0,04 für moderne Biomasse und 0,05 bis 0,06 US-Dollar je Kilowattstunde für Photovoltaik liegen. Kurzfristig können die Produktionskosten für einzelne Technologien zur Erzeugung erneuerbarer Energien aber auch steigen: Vor allem Betreiber aus der Windenergiebranche müssen oft lange auf Ersatzteile warten, da die Hersteller momentan die Nachfragen nach Windturbinen nicht bedienen können – was wiederum zu Preissteigerungen geführt hat.

Die Wettbewerbsfähigkeit erneuerbarer Energie muss immer auch im Vergleich zu den Kosten für fossile Energie oder Nuklearenergie gesehen werden. Das bedeutet, dass die weitere Entwicklung erneuerbarer Energie von der Preisentwicklung anderer Brennstoffe, insbesondere Erdgas und Kohle, abhängen wird. In den OECD-Ländern etwa macht Öl mit einem Anteil von knapp über 5 Prozent nur einen geringen Anteil an der Stromerzeugung aus, aus Erdgas werden 19 Prozent des Stroms produziert, aus Kohle 38, aus Nuklearenergie 23 und aus erneuerbarer Energie 15 Prozent. Ebenso wichtig ist, dass die zu vergleichende Kostenstruktur erneuerbarer Energie auch davon abhängt, inwieweit externe Kosten, die bei Energienutzung anfallen, in die Energiepreise einberechnet werden: also die Kosten für die Gesellschaft, die nicht vom Verursacher der Kosten getragen werden, sondern auf die Allgemeinheit abgewälzt werden. Die tatsächlichen Kosten der Stromerzeugung beinhalten zum Beispiel auch die Kosten, die durch die Umweltbelastung entstehen. Die exakte Quantifizierung externer Kosten in der Stromerzeugung ist schwierig, einen guten Überblick gibt aber der Bericht des 2003 von der Europäischen Kommission finanzierten „ExternE-Projekts“, in dem externe Kosten für den Elektrizitäts- und Transportsektor bestimmt werden.

Eines der wichtigsten Hindernisse für einen größeren Marktanteil erneuerbarer Energien ist die Anbindung an das Stromnetz. Sie hängt sehr von den Unterschieden



**Anbindung an
das Stromnetz**

den und Gegebenheiten in einzelnen Regionen und Ländern ab. In einem Großteil der OECD-Länder finden sich die optimalen Bedingungen für den Einsatz von Anlagen erneuerbarer Energie in entlegenen Gebieten, etwa entlang von Bergketten für Windkraftanlagen (siehe Titelbild), in Gebieten mit hoher Sonneneinstrahlung für Photovoltaik-Anlagen oder entlang von Flüssen für große und kleine Wasserkraftanlagen. Diese und andere besonders günstige Gebiete befinden sich aber oft in Naturschutzparks, in denen nach dem Prinzip des sogenannten NIMBY (not in my backyard) keine Baumaßnahmen durchgeführt werden sollen. In letzter Zeit wird sogar von einem BANANA-Problem (build absolutely nothing anywhere near anything) berichtet. Meist sind diese Orte auch weit entfernt von Stromnetzen oder von Ballungszentren, in denen die Elektrizität benötigt wird. Die Abbildung auf Seite 37 zeigt die Gebiete in den USA mit den höchsten Windpotenzialen, die vor allem in den Rocky Mountains und oberhalb der großen Seen liegen – also relativ weit entfernt von den Ballungszentren an der Ost- und Westküste. In den USA existiert ein weiteres Problem: Die Stromnetze sind stark veraltet und bereits heute überlastet. Exemplarisch zeigte sich das an den Stromausfällen in Kalifornien im Jahr 2003 und den wiederkehrenden Stromausfällen entlang der amerikanischen Ostküste. Verantwortlich dafür waren vor allem die zu geringen Investitionen in die Energie-Infrastruktur in den 1990er Jahren, die wiederum auf die sehr hohen Kosten für die Verbesserung von Überlandleitungen und die relativ geringen Energiepreise in den 1990er Jahren zurückzuführen waren.

Die Betreiber von Anlagen erneuerbarer Energie befinden sich sowohl bei der Auswahl eines geeigneten Standortes als auch bei der notwendigen Anbindung an eine vorhandene Infrastruktur, etwa beim Zugang zum Stromnetz, in einer Zwickmühle: Haben die Anlagen keinen Zugang zum Stromnetz, können sie nicht ausreichend produzieren und kaum wirtschaftlich arbeiten. Solange aber die Produktionskapazität nicht ausreicht, lohnen sich die Investitionen in den Ausbau der Stromnetze nicht, um die Anlagen anzuschließen. Nicht verwunderlich also, dass die kalifornische Energiekommission im vergangenen Jahr in ihrem Energiebericht lange Verzögerungen beim Bau von Überlandleitungen für neue Solar- und Windkraftanlagen als eines der größten Hindernisse beim schnelleren Ausbau dieser Anlagen erkannte. So steht etwa der Anschluss eines großen geplanten Solarkraftwerkes des Betreibers Stirling Energy Systems weiter in Frage, das mehr als 300 Megawatt Strom an eines der größeren kalifornischen Versorger, die San Diego Gas & Electric, liefern soll.

Ähnliche Schwierigkeiten hat auch Texas, der größte amerikanische Produzent von Windenergie: Die rasante Ausbreitung von Windkraftanlagen vor allem in entlegenen Gebieten stellte das teils veraltete texanische Stromnetz in den letzten zehn Jahren vor große Herausforderungen. Das Stromnetz befindet sich zwar in einem besseren Zustand als in Kalifornien, entspricht aber nicht den neuen Anforderungen.

Der Zugang zu Kapital ist laut IEA eine weitere Markteintrittsbarriere für Betreiber von Anlagen erneuerbarer Energie. Die Produktionskosten für „grünen“ Strom beinhalten im Wesentlichen drei Komponenten:

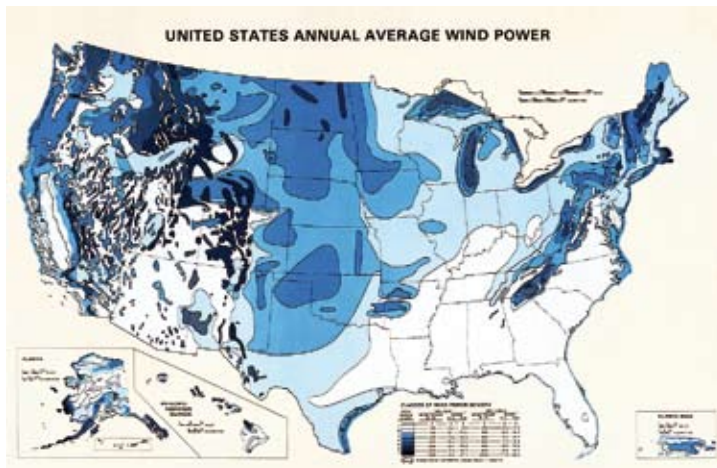
- ▶ die Kapitalkosten für den Aufbau der Anlage und die Anbindung an das Stromnetz,
- ▶ die laufenden Kosten für den Betrieb, die Instandhaltung der Anlage und zumindest im Falle von Biomasseanlagen die Kosten für die Brennstoffe
- ▶ sowie die Finanzierungskosten der geleisteten Investitionen.

Investitionen in eE-Anlagen weisen einige Besonderheiten auf: Da die Produzenten erneuerbarer Energie oft kleine oder mittlere Unternehmen sind, können Banken deren Kreditwürdigkeit meist nur mit Mehraufwand überprüfen – gerade im Vergleich zu großen Ölraffinerien. Das bedeutet, dass die Transaktionskosten bei „grünen“ Anlagen höher sind als bei konventionellen Anlagen, was wiederum die Finanzierungskosten für die Betreiber in die Höhe treibt. Zweitens ist gerade bei der „grünen“ Technik die Unsicherheit über die Rentabilität der Anlagen hoch, da sie sich noch am Anfang ihrer Entwick-

Zugang zu Kapital

	Current Cost	Projected costs beyond 2020
Biomass	5-15	4-10
Wind Power		
Onshore	3-5	2-3
Offshore	6-10	2-5
Solar		
Photovoltaic	20-40	5-6
Thermal Power	12-18	4-10
Hydroelectric Power		
Large Scale	2-8	2-8
Small Scale	4-10	3-10
Geothermal Energy		
Electricity	4-7	1.8
Marine Power		
Tidal	8-15	8-15
Wave Energy	8-20	5.7
Natural Gas	3.7-6	n.a.
Coal	2.5-5	n.a.
Nuclear	2.1-3.1	n.a.
Oil	8.1	n.a.

Stromerzeugungskosten (US-Cents pro Kilowattstunde).



Windenergiepotenzial in den Vereinigten Staaten.

lung befinden – etwa bei der Wellen- und Meeresenergie. Viele Banken integrieren diese Unsicherheit in die Kreditvergabe, sodass Betreiber einen Risikozuschlag zahlen müssen. Drittens haben erneuerbare Energie-Projekte deutlich höhere Kosten bei den Anfangsinvestitionen. Dafür verursacht erneuerbare Energie aber nur relativ niedrige Betriebskosten. Für Windkraftanlagen an Land etwa belaufen sich die anfänglichen Kapitalkosten laut der British Wind Energy Association auf

75 bis 90 Prozent der gesamten Kosten. Die Folge sind lange Kreditlaufzeiten – ein Grund, warum sich die Risikokapitalbranche bislang kaum bei erneuerbaren Energien engagiert. Das scheint sich jetzt, zumindest für die Windenergiebranche in den USA, zu ändern: Die Investitionen von Risikokapital in Windenergie beliefen sich im vergangenen Jahr auf 1,6 Milliarden US-Dollar. Dennoch bleiben fossile Energieträger auch in den nächsten Jahrzehnten die dominierenden Energiequellen. Der Anteil erneuerbarer Energien aber wird in Zukunft steigen: Das deuten die rasanten Wachstumsraten von Windkraft und Sonnenenergie an. Sinkende Produktionskosten werden erneuerbare Energie immer konkurrenzfähiger machen, und auch das neue Interesse von Risikokapital an der „grünen“ Branche ist ein klarer Hinweis darauf, dass erneuerbare Energien im Mainstream angekommen sind. Eines der Hauptprobleme für deren weiteren Ausbau – die Anbindung an das Stromnetz – wird in den kommenden Jahren

Ausblick

bestehen bleiben. Auch von staatlicher Seite sind weiterhin Maßnahmen zur Unterstützung bei der Entwicklung von erneuerbarer Energie nötig, um noch nicht ausgereifte Technologien weiterzuentwickeln und die Sicherheit für Investoren aufrechtzuerhalten. Externe Einflüsse, Marktbarrieren aufgrund asymmetrischer Informationsflüsse, und die Marktmacht der bestehenden Energiekonzerne müssen dafür abgebaut werden. Die staatlichen Maßnahmen sollten vor allem als Anschub- und nicht als dauerhafte Unterstützung angelegt werden und sich darauf konzentrieren, Barrieren und Fehler abzubauen, um die Marktkräfte wirken zu lassen.

Literatur

- Berry, David (2005):** „Renewable Energy as a Natural Gas Price Hedge: The Case of Wind“, *Energy Policy* 33 (6), S. 799–807.
- Business Wire:** Venture Capital Powering Renewable Energy Investment, Totaling \$ 1.6 Billion in 2006, 24. Januar 2007.
- Dinica, Valentina (2006):** „Support Systems for the Diffusion of Renewable Energy Technologies“, *Energy Policy* 34 (4), S. 461–480.
- Europäische Kommission (2003):** External costs: research results on socio-environmental damages due to electricity and transport. Luxembourg, http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/externe_en.pdf.
- Internationale Energieagentur (2005):** Projected Costs of Generating Electricity. Paris.
- Kobos, Peter H./ Erickson, Jon D./ Drennen, Thomas E. (2006):** „Technological learning and renewable energy costs: implications for US renewable energy policy“, *Energy Policy* 34 (13), S. 1645–1658.
- Rabe, Barry (2006):** „Race to the Top: The Expanding Role of U.S. State Renewable Portfolio Standards“, Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA.
- Vajjhala, Shalini P. (2006):** Siting Renewable Energy Facilities: A Spatial Analysis of Promises and Pitfalls, Resources for the Future Discussion Paper 34.
- Wenzel, Bernd et al. (2006):** „Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien: Ausbau und Kostenentwicklung bis 2020“, *Zeitschrift für Energiewirtschaft* 30 (6), S. 141–151.

Katrin Jordan



Geboren 1976 in Berlin. Studium an der Freien Universität Berlin und der American University, Washington, DC (1997 bis 2003). Forschungsassistentin bei der Stiftung Wissenschaft und Politik (2004 bis 2006) und seit 2005 Promotionsstudentin an der Freien Universität, Fachbereich Wirtschaftswissenschaft (Promotionsprojekt: The Importance of First-Mover Advantage in Renewable Energy Policy: The Position of Germany, Japan

and the US on International Markets for Renewable Energy Technologies). Derzeit als International Fox Fellow an der Yale University. Ausgewählte Veröffentlichungen: Neue Initiativen in der amerikanischen Energiepolitik: aber keine Neuorientierung, SWP-Studie 18/2006; Handel und Umwelt in der WTO. Erklärungsansätze für die Positionen von USA und Europäischer Union, 2003, Marburg: Tectum Verlag.

Kontakt

Katrin Jordan

International Fox Fellow

Yale University und Freie Universität Berlin

E-Mail: katrin.jordan@yale.edu



Sylt oder Seychellen

Warum reisen die Deutschen?



Die Reiselust der Deutschen bleibt ungebrochen, obwohl inzwischen allen Reisenden bewusst ist, dass dies – vor allem beim Flugzeug oder PKW – mit einem immensen Energieverbrauch beziehungsweise CO₂-Ausstoß verbunden ist. Als Folge hallte nach Veröffentlichung des letzten Klimaberichts der Vereinten Nationen auch bald der Schlachtruf „Nach Sylt oder auf die Seychellen?“ aus Politik und Tourismusbranche. Sollen die Deutschen nicht lieber im eigenen Land Urlaub machen, anstatt mit großem Energieaufwand zu Trauminseln in die Ferne zu schweifen?

Trotz aller möglichen Umweltfolgen zieht es die Deutschen jedes Jahr wieder an die See und in die Sonne. Nur knapp 30 Prozent der Haupturlaubsreisenden bleiben im Inland, 70 Prozent steuern ausländische Ziele an, vor allem Sonnenziele in Spanien und Italien. Allein nach Mallorca fliegen jährlich 5 Millionen deutsche Urlauber – ein Menschenstrom, den die Insel Sylt oder andere deutsche Zielgebiete gar nicht verkraften könnten. Selbst umweltbewusste Touristen verzichten bei ihrer Urlaubsreise nicht auf die Nutzung von Flugzeug oder PKW – im Gegenteil: Gerade bei diesen Reisenden sind solche Verkehrsmittel sogar häufiger anzutreffen. Eine Urlaubsreise besitzt eine hohe

Konsumpriorität. Auf die Frage, wo Einsparungen am schwersten fallen, nannte im Jahr 2005 rund ein Drittel der Befragten die Urlaubsreise. Damit rangiert sie an dritter Stelle nach Lebensmitteln und Gesundheit. Der Anteil der Deutschen, der jährlich mindestens eine Urlaubsreise unternimmt, stieg von 24 Prozent im Jahr 1954 auf 78 Prozent im Jahr 1995 und erreichte damit seinen Höhepunkt. Inzwischen pendelt sich dieser Wert bei rund 75 Prozent ein, das heißt dreiviertel der Deutschen über 14 Jahre unternehmen mindestens einmal im Jahr eine Urlaubsreise. Insgesamt sind dies etwa 65 Millionen Urlaubsreisen im Jahr von mehr als 5 Tagen Dauer. Nicht nur der Wohlstand, die erhöhte Mobilität durch moderne Transportmittel oder die vielen Billigangebote von Reiseveranstaltern und sogenannten Low-Cost-Carriern tragen zur unge-
Ungetrübte Reiselust

trübten Reiselust bei. Die tiefer liegenden Ursachen des Reisens sind auch anderswo zu suchen. Daher beschäftigen sich vor allem Historiker, Geographen, Psychologen, Soziologen, Wirtschaftswissenschaftler, aber auch Schriftsteller mit dem Phänomen Tourismus und Reisen. Die Psychologen haben vor allen Dingen die messbaren Reisemotive zum Gegenstand ihrer Forschung erkoren. Sie sprechen zum Beispiel schlicht von „ausspannen und erholen“, vom „Tapetenwechsel“ oder „frische Kraft gewinnen“. Soziologen befassen sich mit der „Regeneration der Arbeits-

Landestypische Spezialitäten zu essen, liegt bei den Aktivitäten im Urlaub auf Platz eins.



MikeVale/photoscave



Nur knapp 30 Prozent der Haupturlaubsreisenden bleiben im Inland.

kraft“ oder – sozialistisch ausgedrückt – mit der „Reproduktion der Arbeitskraft“. Wieder andere reden vom Wander- und Reisetrieb oder von einem sogenannten Nomaden-Gen. Kulturwissenschaftler definieren Reisen als Flucht aus dem Alltag oder als Prestigekonsum, als Imitation, als Erfahrungskonsum: „Reisen zu imaginären und inszenierten Welten“.

Die einfachste Antwort erhält man in Umfragen auf erhobene Reise- und Urlaubsmotive: „Worauf kommt es Ihnen beim Urlaub eigentlich an?“ fragt eine jährliche repräsentative Marktforschungsstudie 6.000 Deutsche über 14 Jahre. Die meistgenannte Antwort: „Entspannen, weg vom Alltag, frische Kraft sammeln“. Motive wie „etwas für Kultur und Bildung tun“ liegen mit 16 Prozent weit abgeschlagen

Reise- und Urlaubsmotive

in den unteren Positionen. Da-

mit verbunden ist natürlich, dass der sogenannte „Ausruh-Urlaub“ mit 39 Prozent, der „Strand-Urlaub“ mit 37 Prozent entsprechend häufig, „Studien- und Bildungsreisen“ dagegen nur von vier Prozent der Befragten als Urlaubsart genannt werden. Ein ähnliches Ergebnis zeigt sich auch bei der Frage nach den Aktivitäten im Urlaub. Ganz oben in der Rangfolge liegen „landestypische Spezialitäten gegessen“ (62 Prozent), „Ausflüge in die Umgebung gemacht“ (59 Prozent) und „ausgeruht, viel geschlafen“ haben immerhin noch 53 Prozent der Deutschen während ihres Urlaubs, dagegen nehmen sportliche Betätigungen in der Gunst der Urlauber nur die unteren Ränge ein.

Da die Ergebnisse dieser Motivforschung mit einigen methodischen Problemen (wie der Reflexions- und Artikulationsfähigkeit der Probanden) behaftet sind, er-

Starten Sie mit uns in Ihre Zukunft!

ALBA Management GmbH
 Stichwort: Karriere
 Personalmanagement
 Postfach 120951
 10599 Berlin
 Tel.: 030 - 351 82-152
 Fax: 030 - 351 82-389
 Karriere@alba.info

ALBA 
 SERVICE | MIT SYSTEM

www.alba.info

bringen sie keine eindeutigen Erkenntnisse über die tatsächlichen Ursachen des Reisens. Daher stehen seit dem Durchbruch des Massentourismus in den 50er und 60er Jahren des 20. Jahrhunderts einige theoretische Ansätze zur Diskussion. Zu den wohl häufigsten, aber auch banalsten Thesen gehört der Ansatz, dass Ferien und Reisen der Erholung dienen.

Reisen als Erholung

Die Untersuchungsergebnisse aus der Motivforschung lassen vor allem auf diese Erholungsfunktion schließen. Dabei stößt allerdings die Definition von Erholung auf Schwierigkeiten: Gilt die Erholung der „psychischen und physischen Regeneration“, der „Kompensation arbeitsbedingter Ermüdungszustände“ oder einer „Stimulation, aus der alltäglichen Monotonie herauszukommen“? Die Antwort kann sehr unterschiedlich ausfallen. Schon durch das Verlassen des gewohnten Lebenszusammenhangs – so der Soziologe Erwin K. Scheuch – entstehe ein „Regenerationseffekt“: der Tourismus als Ventil für den Überdruck, der sich im normalen Leben anstaut. Wie aber entsteht der Wunsch nach Distanz? Kann man sich nicht auch zuhause erholen? Wie strukturiert sich die Erfahrungswelt des Urlaubs, die Erholung gewährleisten soll? Die „Erholungstheorie“ und auch „Stresstheorie“ geben hierauf ungenügende Antworten. In seinem Essay von 1958 über die „Theorie des Tourismus“ vertritt der Schriftsteller Hans Magnus Enzensberger die viel beachtete These, dass Reisen eine Flucht aus



Andreas Labanffotolia

Manche Souvenirs entspringen der Andenken-Industrie und sind wohl eher Geschmacksache.

den Zwängen des unwirtlichen Alltags und der monotonen Arbeitswelt sei. Die Idealisierung, zum Beispiel die der unberührten Natur und Geschichte sowie die Suche nach Freiheit, deren Wurzeln in der Romantik zu suchen sind, gehört auch heute noch zum Leitbild des Tourismus. Die Suche nach der Freiheit „ist nichts anderes als der Versuch, den in die Ferne projizierten Wunschtraum der Romantik leibhaftig zu verwirklichen“. Dies habe jedoch dazu geführt,

Reisen als Flucht

Kann man sich nur im Ausland erholen? 70 Prozent der Deutschen sagen ja – und heben ab.



pixquelle



Touristen als moderne Pilger auf der Reise zu „sakralen“ Plätzen? Gebetsmühlen in Nepal.

dass „sich der Sieg des Tourismus als Pyrrhussieg“ erweist. „Die Flucht aus der industriellen Welt hat sich selbst als Industrie etabliert“. In diesem Zusammenhang spricht Enzensberger auch vom Tourismus als einer Industrie großen Stils, für die Normung, Montage und Serienfertigung unentbehrlich ist. Die Suche nach Freiheit betrachtet er als Massenbetrug: „Indem wir auf die Rückfahrkarte in unseren Taschen pochen, gestehen wir ein, dass Freiheit nicht unser Ziel ist, dass wir schon vergessen haben, was sie ist. Oder nach Weinin-

ger: Von einem Bahnhof aus kann man niemals in die Freiheit fahren!“

Diese kulturkritische Betrachtungsweise des Reisens, die als „Weg-von-Motivation“ interpretiert wird, hat heute noch Bedeutung, wenn es um die allseits bekannten negativen ökologischen und sozialen Auswirkungen des Massentourismus geht. Von einer Faszination oder gar von Glücksmomenten des Reisens und damit einer „Hin-zu-Motivation“ ist bei Enzensberger nicht die Rede. Ein ebenfalls eher negatives Erklärungs-



Sie studieren. Wir finanzieren.

- unabhängig vom eigenen Einkommen und dem der Eltern
- unabhängig von Sicherheiten
- geringer Kredit-Zinssatz

Informationen unter (0 30) 30 63-33 00 oder im Internet:
www.berliner-volksbank.de

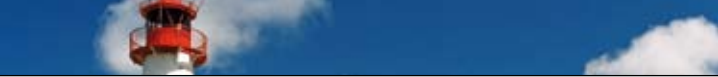


Wir denken mit.



Berliner Volksbank

KfW-
Studienkredit



modell ist bei dem Soziologen Hans-Joachim Knebel zu finden. Vor allem der auch heute noch im Trend liegende „demonstrative Erfahrungskonsum“ steht im Vordergrund seiner Überlegungen. Prestigedenken und soziale Anpassung beziehungsweise „mitreden können“

Reisen als Prestigekonsum

sind die Hauptmotive der Reise. Der Nachbar reist, also muss ich auch reisen. Waren früher die mitgebrachten Reiseandenken der Adligen noch seltene und wertvolle Kunst- und Erinnerungsgegenstände, entsteht mit der Sozialisierung des Reisens eine minderwertige Andenken-Kitsch-Industrie, die eher als äußere Kennzeichnung des Reiseziels zu verstehen ist. Flug- und Hotelgesellschaften verteilen Reisetaschen und Kofferaufkleber, die als Statussymbole der touristischen Gesellschaft zu werten sind. Reiseerfahrung und Klassenzugehörigkeit werden auf diese Weise demonstriert. Statt Reisetagebuch oder Briefe sind es Ansichtskarten, die dem Empfänger zeigen, dass man es sich leisten kann, an diesem oder jenem Ort Urlaub zu machen. Sie stabilisieren das soziale Ansehen. Dieser Ansatz hat auch heute noch Bedeutung, ist jedoch als theoretische Grundlage zu einseitig, da der Prestigekonsum ein allgemeines Phänomen ist, das somit das Spezifische des Tourismus nicht erfassen kann.

Dass Reisen ein angeborenes Bedürfnis des Menschen sei, ist häufiger in der Literatur zu finden. Der Entdeckungsdrang und die Neugierde sind Urtriebe des Menschen, die beim Reisen zum Ausdruck kommen.

Reisen als Trieb

Die Maslow'sche Bedürfnispyramide – entwickelt vom US-amerikanischen Psychologen Abraham Maslow – bietet ausreichend Spielraum für verschiedene Interpretationen. Während die Urlaubsreise als sogenanntes Entwicklungsbedürfnis am ehesten in der obersten Stufe der Pyramide, der Selbstverwirklichung, zu verorten ist, gehen andere Autoren davon aus, dass schon in der untersten Stufe, nämlich bei den Grundbedürfnissen, primitive Massenreisen befriedigt werden können – sprich: Angebote mit bequemer Unterkunft und einfacher Verpflegung. In der zweiten Stufe, der Befriedigung der Sicherheitsbedürfnisse, werden Reisen zur Regeneration und zur Kur verankert, bei den sozialen Bedürfnissen lassen sich Reisen mit dem Ziel, „Kontakte zu anderen Menschen herzustellen“, unterbringen. Bei den Bedürfnissen nach der Wertschätzung kommt wiederum Reisen als Prestige und Anerkennung zum Ausdruck. Als alleiniges Erklärungsmodell taugt auch dieser Ansatz nicht, da nicht klar ist, warum sich gerade das Reisen als Massenphänomen entwickelt – und nicht andere Erlebnisbereiche. Vor allem angelsächsische Autoren ziehen Parallelen zwischen Tourismus und Pilgertum. Für den Soziologen und Autor Dean MacCannell spiegelt sich im Tou-



Schon William Turner prägte mit seinen Gemälden – hier der Gotthardpass – den touristischen Blick. Aquarell aus dem Jahr 1804.

risumus die abendländische Tradition zur Selbstfindung wider, die Suche nach dem absolut Anderem. Wie Pilger wandern die modernen Reisenden zu „sakralen“ Plätzen, zu Sehenswürdigkeiten, an denen sie die Erfahrung der Transzendenz und Authentizität machen. Andere Autoren kommen zu Analogieschlüssen, in dem sie das Geburtshaus Mozarts in Salzburg oder Disney World in Florida mit klassischen Pilgerzielen gleichsetzen. Die Authentizität von Kunstwerken oder auch besonderen Naturräumen vermittelt eine Aura des „Quasi-Sakralen“. Da diese Art des Reisens nur für einen Teil von Touristen gilt, ist die Frage nach einem allgemeingültigen Sinn des Reisens damit allein nicht beantwortet.

Reisen als Pilgertum

Dieser Ansatz geht davon aus, dass die touristische Wahrnehmung nicht an einem realistischen Bild der besuchten Gebiete interessiert ist, sondern mit Hilfe von Fantasien und Projektionen eigene Erfahrungsräume entwickelt werden. Touristen suchen vor allem „die sinnliche Erfahrung imaginärer Welten“, so die These des Soziologen Christoph Hennig. Die Tourismusbranche hat darauf mit der „Herrichtung eigener Erlebnisbereiche“ in Form von Themen- und Vergnügungsparks beziehungsweise inszenierten Erlebnis-

Reisen zu imaginären und inszenierten Welten

welten reagiert. Befreit von den Zwängen des Alltagslebens, orientiert man sich an kollektiven Fantasien und individuellen Bedürfnissen. Tourismuskritiker bezeichneten diese Entwicklung als Verirrung des modernen Massentourismus, vergessen dabei aber, dass von jeher der touristische Blick von Reiseliteratur, wie bei Rousseau, und Gemälden, wie denen von William Turner, geprägt wurde und zwischen Realität und Fiktion kaum zu unterscheiden war.

Auch die heutigen Medien tragen zu diesen klischeehaften Vorstellungen von Urlaubswelten bei. Die erfolgreiche Umsetzung und Realisierung von inszenierten Welten auf dem internationalen Tourismusmarkt sprechen für diese These, auch wenn damit nicht alle Reisenden angesprochen werden. Ob es nun die Erholungs- oder Stresstheorie ist, das Reisen als Prestige Konsum, Trieb oder Pilgertum, die Suche nach imaginären Welten – allen gemein ist die „Distanz zur gewohnten Umgebung“, die Differenzenerfahrung: von der reduzierten Körpererfahrung im Alltag zur intensiven

Körpererfahrung im Urlaub, zum Beispiel beim Badeurlaub; Reiseabenteuer und -erlebnisse versus Eintönigkeit im Alltag; das einmalige Erlebnis unberührter Natur oder die Teilnahme an kulturellen oder sportlichen Events; das „swinging life“ der Weltmetropolen mit ihren unendlichen Freizeitangeboten. Die Aufhebung von Alltagsnormen, der Kontrast zum Alltag kann als „rauschhafte und beglückende Erfahrung“ empfunden werden, schreibt Christoph Hennig. Er interpretiert da-

Reisen als Differenzenerfahrung

mit das Reisen als positive Erfahrung und daher als „Hin-zu-Bewegung“: „Die enorme Verbreitung des Tourismus hat gewiss soziale und ökonomische Voraussetzungen ... wie Wohlstand, mehr Freizeit, erhöhte Mobilität, territoriale Sicherheit ... und führt in materiell greifbare Welten, bleibt aber dennoch dem Imaginären, den Träumen und Wünschen verhaftet“, so Hennig. Der Kulturhistoriker Hasso Spode fasst diese Ansätze im Begriff der „Zeit-Reise“ zusammen: Der Tourismus ist demnach eine spezifisch moderne Form universeller Motive, die sich seit dem 18. Jahrhundert herausgebildet hat – er ist Ausdruck der Sehnsucht nach einer besseren Welt, nach dem Erleben von Natur und Freiheit, die durch den „rasenden Fortschritt“ stets bedroht sind. So gewaltig ist diese rückwärtsgewandte Sehnsucht, dass sie eine der größten Wirtschaftsbranchen in Gang hält. Betrachtet man abschließend die unterschiedlichen theoretischen Erklärungsmuster des Reisens, so zeigt sich zum einen, dass es keine eindeutige Theorie des Tourismus gibt, zum anderen aber auch die Erkenntnis, dass es sehr schwer sein dürfte, die unendliche Reiselust der Deutschen, das Bedürfnis nach Differenzenerfahrung zu bremsen oder gar die Reisesströme in solche Regionen umzulenken, die mit umweltfreundlichen Verkehrsmitteln und damit energiesparend in deutschen Landen erreichbar sind. Vielleicht ergibt sich erst durch eine zunehmende Reisesättigung eine Umorientierung auf die eigene Region. Die Umwelt würde es danken.

Dr. Kristiane Klemm, Akademische Oberrätin



Studium der Geographie, Volkswirtschaftslehre, Stadt- und Regionalplanung in Freiburg und Berlin; 1973 bis 1978 wissenschaftliche Assistentin am Geographischen Institut der Freien Universität Berlin und 1978 bis 1981 wissenschaftliche Mitarbeiterin im Modellversuch Tourismus an der Freien Universität Berlin. Gastprofessorin an der Technischen Universität Berlin, Fachbereich Landschaftsentwicklung und an der

Universität Paderborn. Seit 1984 am Willy Scharnow-Institut für Tourismus der Freien Universität zuständig für den Ausbildungsbereich „Regionale Tourismusplanung“ im Masterstudium Tourismus.

Forschungsschwerpunkte: Regionale Tourismusentwicklung; touristische Marktforschung; empirische Untersuchungen zum Freizeitverhalten.

Kontakt

Freie Universität Berlin
Fachbereich Geowissenschaften
Willy-Scharnow-Institut für Tourismus
Malteserstr. 74-100
12249 Berlin
Tel.: 030 – 838 701 40
Fax: 030 – 838 707 30
E-Mail: klemmk@zedat.fu-berlin.de

Literatur

- Scheuch, Erwin, Meyersohn, R. (Hrsg.) (1972):** Soziologie der Freizeit. Köln.
- Enzensberger, Hans Magnus (1969):** Eine Theorie des Tourismus (1958). In: ders.: Einzelheiten I, Bewusstseinsindustrie. Frankfurt am Main
- Hennig, Christoph (1997):** Reiselust. Touristen, Tourismus und Urlaubskultur. Frankfurt am Main/Leipzig.
- Hennig, Christoph (1997):** Jenseits des Alltags. In: Voyage, Jahrbuch für Reise- und Tourismusforschung, Bd. 1.
- Knebel, Hans-Joachim (1962):** Soziologische Strukturwandlungen im modernen Tourismus, Stuttgart.
- Spode, Hasso (1995):** Reif für die Insel, Prolegomena zu einer historischen Anthropologie des Tourismus. In: Cantauw, Christiane (Hrsg.): Arbeit, Freizeit, Reisen., Münster, New York.
- Haedrich, Günther, Klemm, K., Lütters, H. (2004):** Das Ausflugsverhalten der Berliner 2003. Unveröffentlichte Studie.



Hochleistungssport?

Die Energieleistung der Milchkuh



KERSTIN E. MÜLLER UND CORINNA N. WEBER

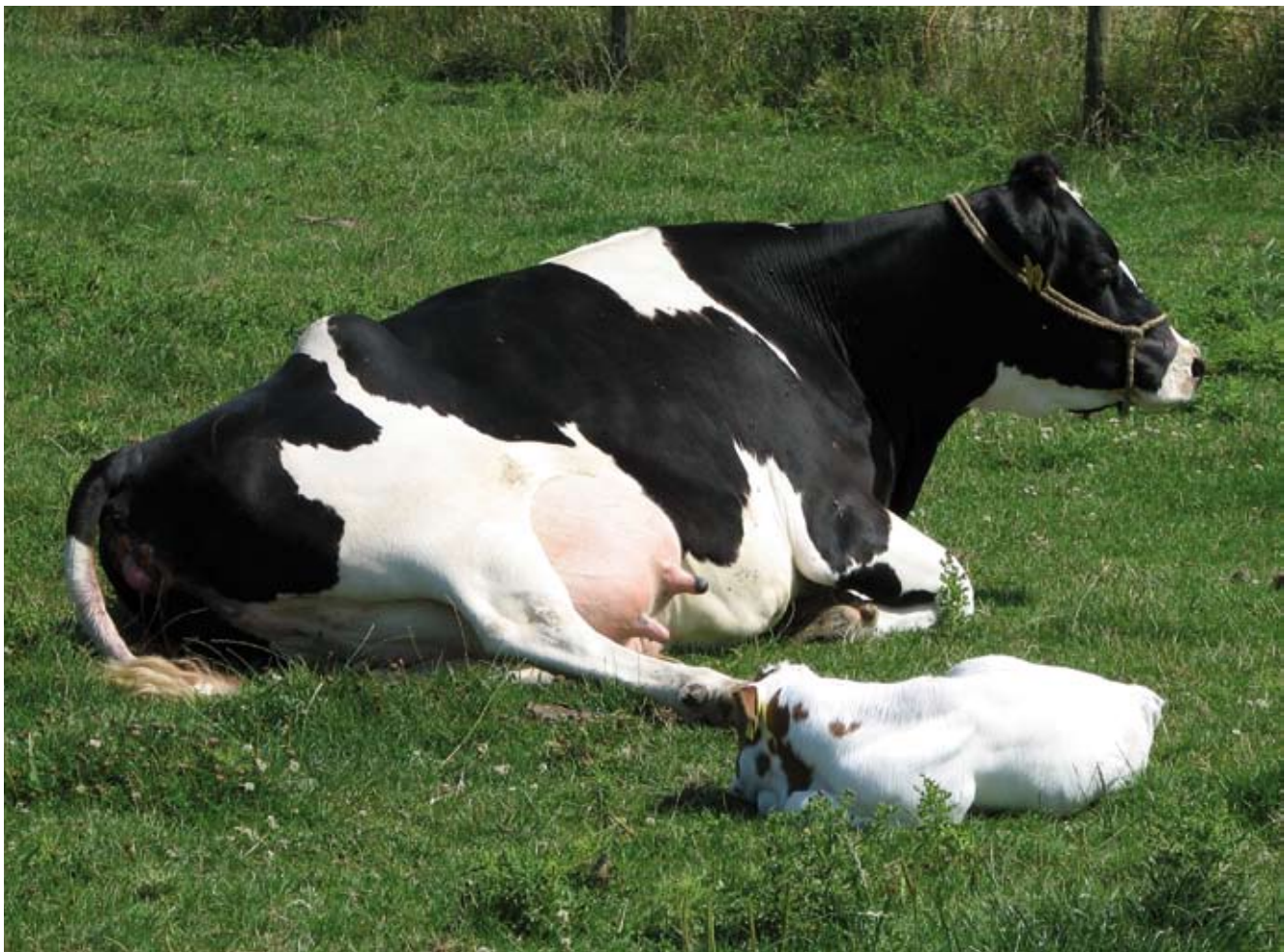
Die Kuhmilch, „das weiße Gold“, wird bereits seit mehreren Tausend Jahren als hochwertiges Nahrungsmittel vom Menschen genutzt. Als Wiederkäuer produziert die Milchkuh aus Ausgangsprodukten wie Heu und Gras, die für den Menschen wenig nutzbar sind, ein vollwertiges und gesundes Nahrungsmittel. Kaum ein Verbraucher ist sich beim Genuss eines Glases Milch aber bewusst, welch enorme Energieleistung eine Milchkuh täglich bei ihrem Stoffwechsel vollbringt: Leistungen, die durchaus mit denen von Hochleistungssportlern zu vergleichen ist. Die Leber spielt hier eine zentrale Rolle.

Mit der Geburt des Kalbes setzt bei der Milchkuh nach einer etwa zweimonatigen Ruhephase der sogenannten Trockenstehperiode, in der das Tier nicht gemolken wird, die Milchproduktion wieder ein. Im Laufe der Domestikation des Rindes wurden milchtypische und fleischtypische Rinderrassen gezüchtet. Die bekannteste Vertreterin der Milchrassen ist die Holstein-Friesian-Kuh mit einer Veranlagung zu hoher

Milchleistung. Die moderne Hochleistungsmilchkuh gibt heutzutage ein Vielfaches der Milchmenge, die für das Wachstum und die Entwicklung eines Kalbes benötigt wird. Im vergangenen Jahr produzierten beispielsweise Brandenburgs Milchkühe 1,33 Millionen Tonnen Milch – eine durchschnittliche Milchleistung je Kuh und Jahr von 7.952 Litern. Spitzenkühe geben heute jährlich über 11.000 Liter Milch, wobei von solchen Tieren in den Wochen der Hauptmilchleistung pro Tag mehr als 50 Liter Milch gewonnen werden. Die enorme Stoffwechselleistung eines solchen Tieres spiegelt sich in den Inhaltsstoffen wieder, die in diesen 50 Litern Milch enthalten sind: etwa 1,75 Kilogramm Eiweiß, 1,9 Kilogramm Fett, 2,4 Kilogramm Milchsucker und 350 Gramm an Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen. Diese enorme Syntheseleistung wird durch einen Blutfluss von 33.500 Litern Blut gespeist, der bei einer solchen Kuh täglich durch das Eutergewebe strömt. Beim Energiestoffwechsel unterscheidet sich die mit drei Vormägen und einem säureproduzierenden Magen ausgestattete Kuh grundsätzlich von Spezies mit einem einhöhligen Magen. Wie-

Der Mikrokosmos in den Vormägen der Kuh

Bei der Kuh setzt die Milchproduktion mit der Geburt des Kalbes wieder ein.



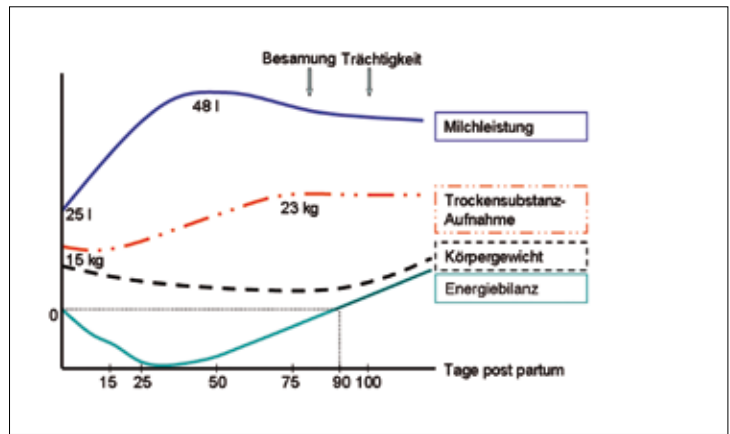


derkäufer nehmen den Energieträger Traubenzucker nur in verschwindend kleinen Mengen über den Darm auf. Die großen Mengen Traubenzucker, die eine Kuh für die Bildung von Milchzucker im Euter benötigt, müssen durch den in der Leber stattfindenden Prozess der Glukoneogenese, also die Umwandlung von der aufgenommenen Nahrung in Traubenzucker, hergestellt werden. Obwohl die Mikroorganismen, die Wiederkäuer in ihren Vormägen beherbergen, für den Menschen unverdauliche Zellwandbestandteile der Pflanzen aufschließen und in Traubenzucker umwandeln können, wird letzterer in den Vormägen abgebaut. Wichtigste Endprodukte der im Pansen, dem ersten und größten der drei Vormägen, stattfindenden Gärungsprozesse sind neben den Gasen Methan und Kohlendioxid die flüchtigen Fettsäuren Essigsäure, Buttersäure und Propionsäure. Von diesen Fettsäuren ist nur Propionsäure für die Gewinnung von Traubenzucker in der Leber geeignet. Der Hauptanteil des Energiebedarfes des Wiederkäuers wird über die Verbrennung von Essigsäure und Buttersäure gedeckt. Deshalb beruht der Energiehaushalt beim Wiederkäuer in höherem Maße auf dem Verbrauch flüchtiger Fettsäuren als auf der Verbrennung von Traubenzucker. Man könnte annehmen, dass die Milchkuh gerade in der Periode mit der höchsten Tagesmilchmenge besonders empfänglich für Krankheiten ist. Dem ist aber nicht so.

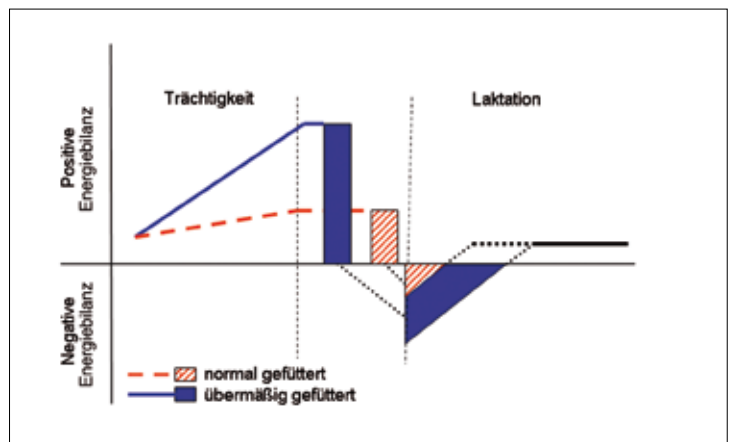
Die kritischste Phase im Leben einer Milchkuh ist der Zeitraum rund um die Geburt des Kalbes: Dann steigt

Unausgeglichene Energiebilanz

die Milchmenge von einem Tag auf den anderen von 0 auf etwa 20 Liter an. Der Bedarf des Tieres an Energieträgern und anderen Nährstoffen wird dabei so groß, dass er über die Futteraufnahme, die am Tag der Geburt zudem noch auf ein Minimum reduziert wird, nicht gedeckt werden kann. Auch die Mikroorganismen in den Vormägen müssen sich auf die neue Situation mit dem erhöhten Angebot an Nährstoffen einstellen. Eine zu rapide Futterumstellung kann das Vormagenmilieu mit seinem aus Protozoen und Bakterien bestehenden Mikrokosmos erheblich aus dem Gleichgewicht bringen. Der Prozess der Anpassung der Vormägen nimmt etwa zwei Wochen in Anspruch. Aus diesem Grund macht jede Milchkuh nach der Geburt des Kalbes eine Periode der negativen Energiebilanz mit (Abbildung oben), in der sie den bestehenden Bedarf aus eigenen Körperreserven (Körperfett, Muskeleiweiß) decken muss. Vor allem diejenigen Kühe, die in der Trockenstehperiode durch übermäßige Fütterung übergewichtig geworden sind, haben Anpassungsschwierigkeiten und sind für Krankheiten anfälliger. Warum die Übergewichtigen in den Tagen um die Geburt ihre Futteraufnahme im Gegensatz zu normal-



Unmittelbar nach der Geburt hinkt die Futteraufnahme der Kuh der Milchproduktion hinterher. Es entsteht eine negative Energiebilanz und die Kuh verliert an Körpergewicht.



Fette Kühe können sich ungenügend Veränderungen nach dem Kalben anpassen. In der Ruhephase während der Trächtigkeit ist ihre Energiebilanz weit im positiven Bereich (blaue Säule), während sie nach der Geburt des Kalbes mit Einsetzen der Phase der Milchbildung (Laktation) ein größeres Energiedefizit aufweisen als ihre „schlanken“ Artgenossen (rot schraffierte Säule).

gewichtigen Kühen beinahe gänzlich einstellen, ist noch ungeklärt. Es führt aber dazu, dass das Ausmaß der negativen Energiebilanz wesentlich größer ist als bei den normal gewichtigen Artgenossen (Abbildung unten). Induziert durch den fallenden Blutzuckerspiegel beginnen die Tiere, körpereigene Fettreserven zu mobilisieren. Die Kühe verlieren rapide an Gewicht. Freigesetzte Fette aus dem Unterhautgewebe können nicht unmittelbar an die Zielorgane transportiert werden, in denen sie als Energieträger benötigt werden. Sie müssen zunächst die Leber passieren. Dort werden sie in „Transport-Eiweiße“ verpackt. Hier scheint bei der Milchkuh ein sogenannter „Bottle Neck“ zu bestehen, denn der Verpackung der Fette in Transport-Eiweiße sind Grenzen gesetzt. Die Folge: Das überschüssige Fett wird in der Leber gespeichert, und es entwickelt sich eine Fettleber, die je nach Ausmaß der Verfettung zu schweren Leberschäden mit Leberkoma (Abbildung auf Seite 49) führen kann.

Prof. Dr. Kerstin E. Müller



Geboren am 28. September 1959. Studium der Veterinärmedizin an der Tierärztlichen Hochschule Hannover, 1986 Promotion an der Tierärztlichen Hochschule Hannover zum Thema Kälberkrankheiten. Bis 1991 Akademische Rätin auf Zeit an der Klinik für Rinderkrankheiten der Tierärztlichen Hochschule Hannover, 1991 bis 2003 Dozentin an der Tierärztlichen Fakultät Utrecht, Niederlande. 1995 PhD Thesis zum

Thema klinische Immunologie beim Rind. Seit 2003 C4-Professur, Fachgebiet Krankheiten der Wiederkäuer am Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin. Geschäftsführende Direktorin der Klinik für Klautiere. Seit März 2007 Prodekanin für die Lehre am Fachbereich Veterinärmedizin.

Kontakt

Freie Universität Berlin
Fachbereich Veterinärmedizin
Klinik für Klautiere
Königsberg 65

14163 Berlin

Tel.: 030 – 838 622 60

Fax: 030 – 838 625 12

E-Mail: mueller.kerstin@vetmed.fu-berlin.de

Dr. Corinna Weber



Geboren am 3. September 1971 in Bad Herrenalb. Von 1996 bis 2002 Studium der Veterinärmedizin an der Freien Universität Berlin. 2002 bis 2003 wissenschaftliche Assistentin am Institut für Immunologie und Molekularbiologie des Fachbereichs Veterinärmedizin. Im April 2007 Promotion zum Thema „Palmitoylierung integraler Membranproteine“. Seit 2003 wissenschaftliche Assistentin an der Klinik für Klautiere des

Fachbereichs Veterinärmedizin. Arbeitsschwerpunkte sind klinische Immunologie und Molekularbiologie des Wiederkäuers.

Kontakt

Tel.: 030 – 838 622 82

Fax: 030 – 838 625 12

E-Mail: cweb@zedat.fu-berlin.de



Mit einer zu stark verfetteten Leber fällt eine Milchkuh in das sogenannte Leberkoma.

Schwere Fälle dieser Stoffwechselerkrankung können durch oral verabreichte Dauertropf-Infusionen und die Verabreichung von „Energieträgern“ erfolgreich behandelt werden – und durch besonders schmackhafte Nahrungsmittel. In Fällen, in denen der Leberfettgehalt die 33-Prozent-Marke überschreitet, ist die Leber erfahrungsgemäß schon so stark geschädigt, dass eine Therapie kaum noch Aussicht auf Erfolg hat. Die Frage scheint also berechtigt, ob sich die hohen Milchleistungen bei Kühen nicht negativ auf den Gesundheitszustand auswirken. Zahlreiche Untersuchungen haben aber gezeigt, dass gerade die Kühe mit Spitzenleistungen weniger krankheitsanfällig sind als Kühe mit geringerer Milchleistung. Damit das liebe Milch-Vieh gesund bleibt, müssen optimale Umgebungsbedingungen geschaffen werden: Mit einer angemessenen Fütterung während der Ruhephase, der Übergangsperiode und der Milchabgabe.

**Tiergerechtigkeit hilft
Krankheiten vermeiden**

Literatur

Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (2007): Statistischer Bericht CIII 3 – m 12 / 06 Milcherzeugung und Milchverwendung im Land Brandenburg im Jahr 2006. www.statistik-berlin-brandenburg.de.

Geelen, Matt, Wensing, Theo (2006): Studies on Hepatic Lipidosis and Coinciding Health and Fertility Problems of High-Producing Dairy Cows Using the „Utrecht Fatty Liver Model of Dairy Cows“. A Review. *Veterinary Quarterly* 28: 90–104.

Mammadouh, Mohammed Ibrahim Ahmed (2004): Untersuchungen zur Diagnostik und Bedeutung der Fettleber bei klinisch kranken Milchkühen unter besonderer Berücksichtigung möglicher Beziehungen zur Hypophosphatämie. *Vet.-med. Diss. Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin.*

Reece, W.O. ed. (2004): *Dukes' Physiology of Domestic Animals*, 12th Edition, Cornell University Press Ithaca and London.



Der Flug der Insekten

Woher kommt die Energie, und wie wird sie kontrolliert?



Erwachsene Wüstenheuschrecke (*Schistocerca gregaria*), bei der die spezialisierten Sprungbeine und die zusammengefalteten Flügel gut zu erkennen sind.

Wenn der Körper Energie verbraucht, muss er sie aus der Nahrung wieder zurückgewinnen. Fliegenden Insekten geht es da nicht anders als uns Menschen. Sie vollbringen bei ihren Flügen wahre Meisterleistungen, gehört das Fliegen doch zu den Tätigkeiten, die am meisten Energie verbrauchen. Dies gilt vor allem für Wanderheuschrecken, die in fliegenden Schwärmen Hunderte von Kilometern zurücklegen, aber auch als Einzeltiere sehr lange Strecken überbrücken. Die Eroberung der Lüfte als Lebensraum ist etwas Besonderes: Im Laufe der Evolution haben das außer den Insekten nur Vögel und einige Säugetiere wie Fledermäuse und Flughunde geschafft. Insekten sind und bleiben aber die wahren Meister einer effizienten Nutzung ihrer Muskelkräfte.

Der Flug der Insekten hängt ganz wesentlich vom Sauerstoff ab, und der Stoffwechsel der Flugmuskeln ist voll aerob, geht also im Gegensatz zu den Muskeln des Menschen keine Sauerstoffschuld ein. Die Muskeln der Insekten werden mit Tracheen versorgt, winzige Röhren, die sich im Körper immer stärker verzweigen, und durch die der Sauerstoff in gasförmiger Form direkt an die Zellen gelangt. Wie sind das Muskelsystem der Insekten und das damit verbundene Nervensystem aufgebaut?

Im Prinzip sind Aufbau und Funktionsweise der Nervensysteme von Wirbeltieren und Insekten recht ähnlich – nur die Organisationsform des Gehirns und des auf der Bauchseite gelegenen Strickleiternnervensystems ist anders. Neurone – die eigentlichen Nervenzellen – fungieren darin als Nachrichtenübermittler und -verrechner: Sie empfangen, registrieren und vergleichen Informationen und geben Befehle weiter. Wie bei Wirbeltieren

sind die Skelettmuskeln der Insekten quergestreift, also regelmäßig aus zusammenziehbaren (kontraktilen) Eiweißmolekülen, den Actin- und Myosinfilamenten, aufgebaut. Diese Eiweiße werden von bestimmten Motoneuronen, Nervenzellen, die wie auch beim Menschen die Muskeln steuern, mit elektrischen Impulsen versorgt. Die Motoneurone wiederum sitzen in den entsprechenden „Nervenknoten“ des Strickleiter-Nervensystems der Insekten und sind damit ein Teil des Zentralen Nervensystems. Im Gegensatz zu den Muskeln von Wirbeltieren besitzen die Muskeln der Insekten jedoch weit weniger dieser Motoneurone. Als Neurotransmitter (Überträgerstoffe, die mit biochemischen Stoffen Informationen von einer Nervenzelle zur anderen übertragen) nutzen Insekten Glutamat – also das Salz der Glutaminsäure. Kurz: lebenswichtige Aminosäuren, die für den Zellaufbau zuständig sind.

Motoneurone der Insekten werden in verschiedene Typen eingeteilt, wobei jeder Typ eine unterschiedliche Muskelkontraktion zur Folge hat:

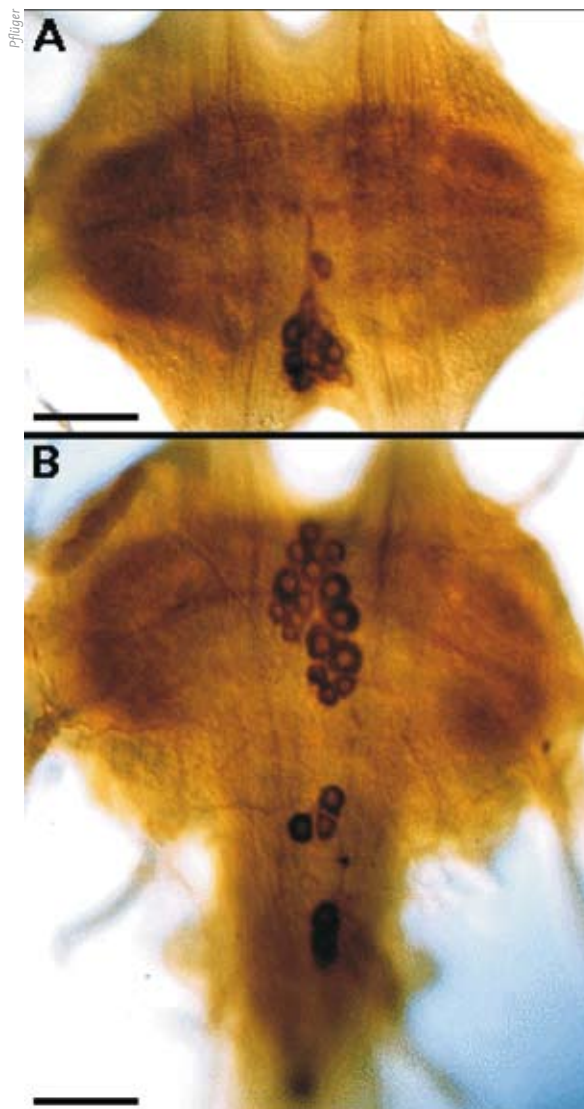
- ▶ Schnelle Motoneurone erzeugen schnelle und kräftige Kontraktionen, wobei ein einziges Aktionspotential schon eine Muskelzuckung von 70 Prozent der Maximalkraft auslösen kann.
- ▶ Langsame Motoneurone dagegen lösen je nach ihrer Feuerfrequenz abgestufte Kontraktionen aus, und erst bei einer Frequenz von 200 Hertz kommt es zur Maximalkontraktion des Muskels.
- ▶ Zusätzlich besitzen Insekten – im Gegensatz zu Wirbeltieren – periphere „Hemm-Neurone“, sogenannte Inhibitoren, die als Transmitter GABA (Gamma-Aminobuttersäure) besitzen, und genau das Gegenteil einer Kontraktion bewirken: nämlich eine Erschlaffung (Relaxation) des Muskels.

Motoneurone

Larvale Wüstenheuschrecke („Hüpfer“), die noch keine Flügel besitzt.



Pflüger



In den beiden Brustganglien, die das Mittelbein und den Vorderflügel (A) sowie den Hinterflügel und das Sprungbein (B) kontrollieren, wurden die Neurone, die Octopamin enthalten, mit einem Octopamin-Antikörper angefärbt (braune Zellkörper in der Mitte der Ganglien). Die Eichbalken sind 0,1 Millimeter lang.

Die Muskeln der Insekten werden noch auf eine vierte Art versorgt, nämlich durch sogenannte neuromodulatorische Nervenzellen, die das biogene Amin, das Octopamin, als Neuromodulator freisetzen.

Wann wird eine solche Substanz Neuromodulator genannt? Im Gegensatz zum Überträgerstoff der Motoneurone, dem Glutamat, löst der Neuromodulator mit seinem Überträgerstoff Octopamin allein keine Kontraktionen im Muskel aus, sondern zeigt nur dann eine

Wirkung, wenn die Überträgerstoffe des Motoneurons und des Neuromodulators

gleichzeitig freigesetzt werden. Diese Form der Muskelkontraktion wird sehr viel effizienter und wirkungsvoller ausgeführt. Der Muskel erschlafft nach einer Kontraktion wesentlich schneller, was vor allem dann von

Bedeutung ist, wenn das Insekt schnell aufeinander folgende Muskelkontraktionen ausführen muss – zum Beispiel bei der Fortbewegung. Durch die schnelle Erschlaffung nach einer Muskelkontraktion kann nun der antagonistische Muskel (der Gegenspieler) eine viel bessere Wirkung erzielen. Beim Insektenflug sind die wichtigsten Muskeln der Flügelheber und Flügel senker.

Es stellt sich nun die höchst interessante Frage nach der Voraussetzung oder dem Zeitpunkt für den Einsatz dieses neuromodulatorischen Systems. Bei Insekten kann man solche Fragestellungen gut untersuchen, da sie auch unter den eingeschränkten Bedingungen eines Experiments immer noch Verhaltensweisen zeigen, die dann aber stationär ausgeführt werden – unter anderem alle Arten der Fortbewegung. Zudem sind alle Fortbewegungsweisen rhythmisch, bestehen also aus alternierenden Aktivitäten von Muskeln und den entsprechend aktiven Motoneuronen. Diese Bewegungen werden durch ein im Brustganglion liegendes Netzwerk von Neuronen erzeugt, zentraler Mustergenerator genannt.

Zentraler Muskelgenarator

Dieser zentrale Mustergenerator erzeugt dann die alternierenden Aktivitätsmuster, die als „Grundaktivität“ von Bewegungsarten angesehen werden können. Unter normalen und natürlichen Bedingungen wird die eigentliche Bewegungsweise durch zahlreiche Sinnesorgane in den Gelenken der Beine oder Flügel sowie durch übergeordnete Zentren des Gehirns kontrolliert. Die Besonderheiten der Insekten erlauben es dem Forscher, dass er mit feinen Glas-Mikroelektroden die Aktivitäten von einzelnen, identifizierbaren Neuronen innerhalb der Zellen ableiten kann, während das Insekt stationäre Flug- oder Gehbewegungen ausführt.

Doch wo in einem Brustganglion befinden sich die entsprechenden Neurone? Dabei helfen modernste neuro-anatomische Methoden: Man spritzt einen Farbstoff in den motorischen Nerv und kann dadurch die Zahl und Lage derjenigen Neurone feststellen, die einen bestimmten Muskel versorgen. Oder man setzt zusätzlich Antikörper gegen bestimmte Überträger- oder Neuromodulatorstoffe ein – zum Beispiel gegen Glutamat, Gamma-Aminobuttersäure oder Octopamin – und kann dadurch die entsprechenden Neurone ausfindig machen. Da Neurone im Nervensystem der Insekten fast immer die gleiche Position haben, findet man sie bei jedem Individuum immer wieder an genau derselben Stelle im Zentralen Nervensystem.

Beide Methoden hatten den gewünschten Erfolg: Man konnte die Lage der neuromodulatorischen Neurone, die den Botenstoff Octopamin enthalten, in den Brustganglien sichtbar machen, kartieren und mittels Glas-Mikroelektroden ihre Aktivitäten während der Fortbe-

Effiziente Muskelkontraktion

wegung aufzeichnen. Die Ergebnisse waren durchaus überraschend. Das erste unerwartete Ergebnis war, dass die neuromodulatorischen Neurone immer parallel zu den Motoneuronen angesteuert werden, also abhängig von den motorischen Netzwerken. Das zweite unerwartete Ergebnis war, dass bestimmte neuromodulatorische Neurone während motorischer Aktivität, beispielsweise dem Fliegen, nicht nur aktiviert, sondern auch gehemmt werden – vor allem die neuromodulatorischen Neurone, welche die Flugmuskeln versorgen. Gerade in diesem Befund lag der Schlüssel für die Lösung der Frage, was die eigentliche Aufgabe der neuromodulatorischen Neurone ist.

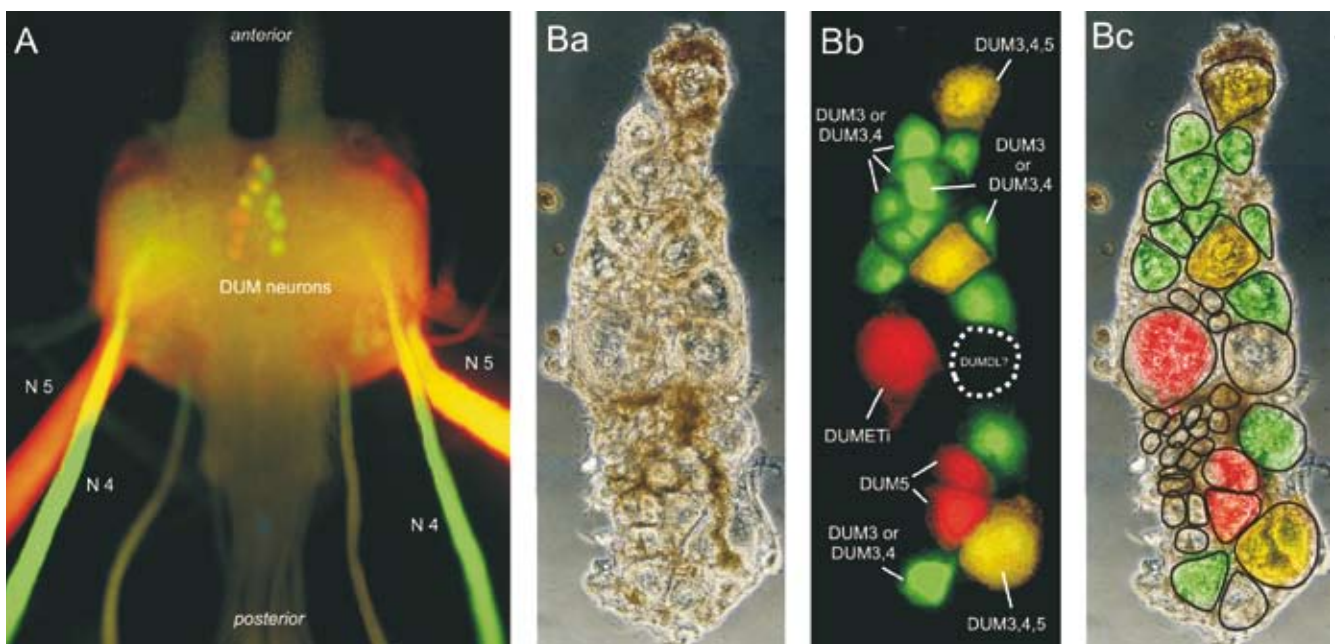
Zwei Ergebnisse von Untersuchungen, die schon mehr als 20 Jahre zurückliegen, brachten uns auf die richtige Spur: Erstens der Stoff Octopamin löst im Muskelgewebe von Insekten eine Steigerung der Glykolyse aus, also einem Stoffwechselweg, der aus dem Abbau von Zuckern energiereiche Moleküle gewinnt. Zweitens gewinnen die Flugmuskeln von Insekten ihren Energiebedarf auf ganz unterschiedliche Weise: Große Insekten – wie die Heuschrecken – gewinnen Energie aus dem Abbau von Fetten, die in speziellen Organen gespeichert werden, während viele kleinere Insekten – wie die Fliegen – in der Tat ihren Energiebedarf aus dem Abbau von Zuckern gewinnen. Bei Heuschrecken wäre der Abbau des Zuckers

während einer langen Flugaktivität geradezu „kontraproduktiv“. Damit wäre auch erklärt, dass die Neurone, die den Zuckerstoffwechsel aktivieren, beim Flug der Wanderheuschrecken gehemmt werden.

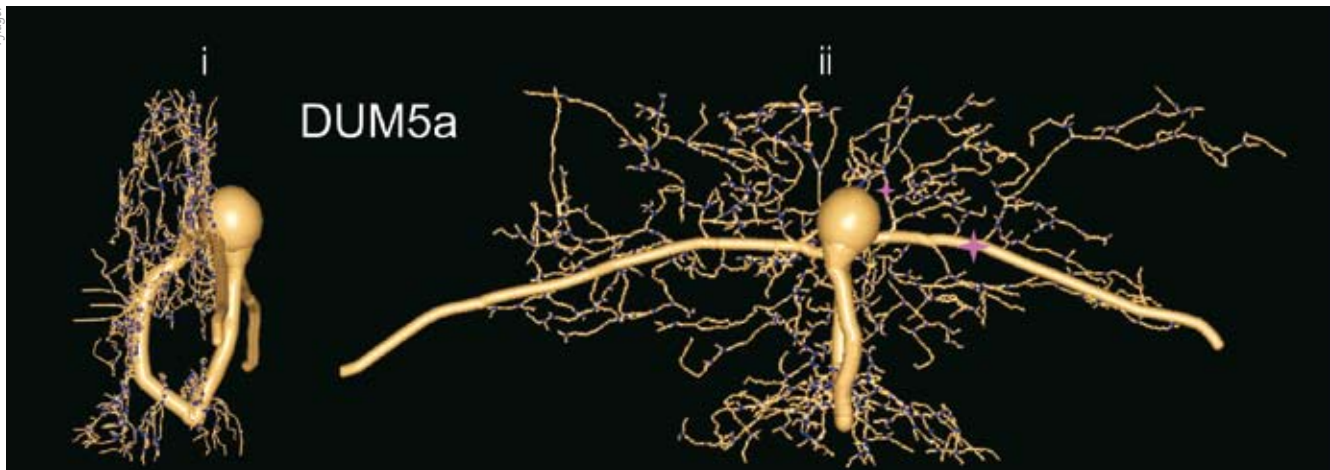
Bei der Frage nach dem Zeitpunkt der Neuronen-Aktivität hilft die elektrophysiologische Ableitung individueller Neurone, die bei Insekten über Stunden möglich ist. Die entsprechenden Neurone waren alle aktiv, als die Insekten ruhig waren und keine Flugaktivität zeigten. Die Erklärung für dieses Verhalten lieferte eine Zusammenarbeit mit Zoologen der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz (Prof. Dr. G. Wegener). Dabei kam heraus, dass durch die Aktivität der neuromodulatorischen Neurone eine durch den Stoffwechsel bedingte Signalsubstanz im Muskel akkumuliert wird, die bei der ersten Muskelaktivität kurzfristig die Glykolyse, also den Zuckerabbau, massiv stimuliert. Genau diese Bedingungen gelten für die Heuschrecke beim Start eines Flugs, bei dem sie wesentlich mehr Energie benötigt. Die neuromodulatorischen Neurone der Wanderheuschrecken, die Impulse an die Flugmuskeln schicken, sorgen also für den großen Energiebedarf beim Start. Dieses Ergebnis wird durch zwei weitere Befunde unterstützt. Die neuromodulatorischen Neurone, die die Muskeln stimulieren, und die ihren Energiebedarf nicht aus dem Abbau von Fetten gewinnen kön-

Glykolyse

Die gesamte Gruppe der neuromodulatorischen Neurone in einem Brustganglion, die Octopamin freisetzen, sind durch verschiedene Fluoreszenzfarbstoffe markiert worden (A), um sie in ihrer Gesamtheit aus dem Ganglion entnehmen zu können (Ba). Dank der Vorbehandlung mit Fluoreszenzfarbstoffen lassen sich nun verschiedene Typen von neuromodulatorischen Zellen selbst unter den Bedingungen der Zellkultur identifizieren (Bb). In (Bc) ist eine Überlagerung von (Ba) und (Bb) gezeigt. In (A) bezeichnen N4 und N5 periphere Nerven, durch die die neuromodulatorischen Neurone ihre Axone (Fortsätze) schicken. (Bb) zeigt die einzelnen Neuronentypen (DUM3, 4 und 5). Dieses Neuron (DUM von dorsal unpaired median) schickt sein Axon durch die peripheren Nerven 3 sowie 4 und 5. DUMETi bedeutet, dass dieses Neuron den Sprungmuskel versorgt (DUM Neuron des Extensor-Tibiae-Muskels, des Hinterbeinstreckers).



Pflüger



Ein neuromodulatorisches Neuron aus einem Brustganglion, das Octopamin freisetzt, und mit Hilfe eines intrazellulär injizierten Farbstoffes dargestellt wurde. Das so gefärbte Neuron wurde mit einem konfokalen Mikroskop analysiert und anschließend sein Dendritenbaum (seine „Gestalt“) mit Hilfe des Amira-Programmes rekonstruiert und voll digitalisiert. Die Abbildung zeigt die Gestalt des bereits digitalisierten Neurons von der Seite (i) und in einer Aufsicht (ii).

Prof. Dr. Hans-Joachim Pflüger



Geboren in Ulm/Donau. Lehramtsstudium der Fächer Biologie und Chemie in Stuttgart und Kaiserslautern. Über ein Postdoktoranden-Stipendium der DFG an der University of Cambridge, England. Assistentenstellen an den Universitäten Bielefeld und Konstanz. 1987 an die Freie Universität berufen. Er leitet eine internationale Arbeitsgruppe, die sich mit der Entwicklung sensomotorischer Netzwerke sowie der

Rolle von biogenen Aminen und der Funktion neuromodulatorischer Zellen bei Insekten beschäftigt. Sein Forschungsinteresse gilt der gesamten Neurobiologie und Neuroethologie, in der Lehre vertritt er ein breites Fächerspektrum aus der Zoologie und Tierphysiologie. Er ist Mitglied des an der Universität Potsdam bestehenden und Arbeitsgruppen an den drei Berliner Universitäten umfassenden Graduiertenkollegs 837 (Functional Insect Science). Seit 1992 ist er Adjunct Professor an der University of Arizona, Tucson, Arizona, USA.

Kontakt

Freie Universität Berlin
 Fachbereich Biologie, Chemie, Pharmazie
 Institut für Biologie
 Neurobiologie
 Königin-Luise-Straße 28–30
 14195 Berlin
 Tel.: 030 – 838 546 76
 Fax: 030 – 838 554 55
 E-Mail: pflueger@neurobiologie.fu-berlin.de

nen, sind während motorischer Aktivität immer aktiv. Bei Fliegen, die ihren Energiebedarf grundsätzlich aus dem Abbau von Zuckern gewinnen, sind die neuromodulatorischen Neurone der Flugmuskeln offenbar immer aktiv und nie gehemmt. Damit gibt es eine interessante Verbindung zwischen dem Nervensystem und den biochemischen Reaktionskaskaden in den Geweben, die Energie verbrauchen. Oder anders gesagt: Biochemische Prozesse in den Zellen stehen offenbar unter neuronaler Kontrolle, was bisher nur für sehr wenige Prozesse des Stoffwechsels bekannt ist.

Die Forschungsergebnisse an den Heuschrecken liefern neue Ideen für Forscher, die sich Fragen der angewandten Forschung widmen oder auf medizinischem Gebiet arbeiten. Ähnlich wie Insekten vollbringen Zugvögel während ihrer jährlichen Wanderungen Höchstleistungen, die ohne besondere Anpassungen ihres Stoffwechsels, vor allem des Fettstoffwechsels, nicht möglich wären. Eventuell bestehen auch hier interessante Wechselwirkungen mit dem Ner-

Höchstleistungen

vensystem. Untersuchungen der neuronalen Prozesse bei der Fortbewegung von Insekten sind bahnbrechend für das Verständnis der zugrunde liegenden Mechanismen der Rhythmuserzeugung und der sensorischen Kontrolle – selbst für die Entwicklung neuer Roboter. Die von uns gezeigten Verbindungen zwischen den neuronalen Kontrollsystemen und den biochemischen Reaktionskaskaden der Muskeln zeigen, mit welcher ungemeiner Energieeffizienz Insekten Bewegungen ausführen und wie die Nervensysteme von Organismen an ihre Rolle bei der Erzeugung von Bewegungen angepasst sind – Anpassungsprozesse, die im Laufe der Evolution entstanden sind.

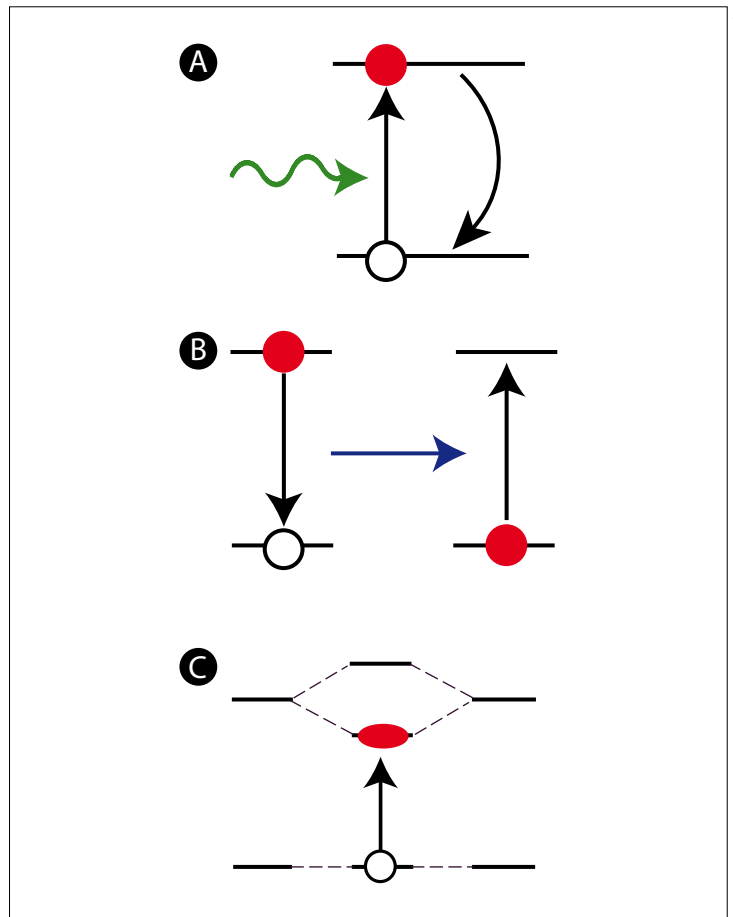


Molekulare Energietrichter

THOMAS RINGER UND OLIVER KÜHN

Wie wandeln Bakterien, Algen und Pflanzen die durch das Sonnenlicht verfügbare Energie in für sie nutzbare Energieformen um? Auf der Suche nach einer Antwort stößt man auf molekulare Antennen, in denen die Natur auf vielfältige Weise Energietrichter zur effizienten Initiierung der Photosynthese realisiert hat.

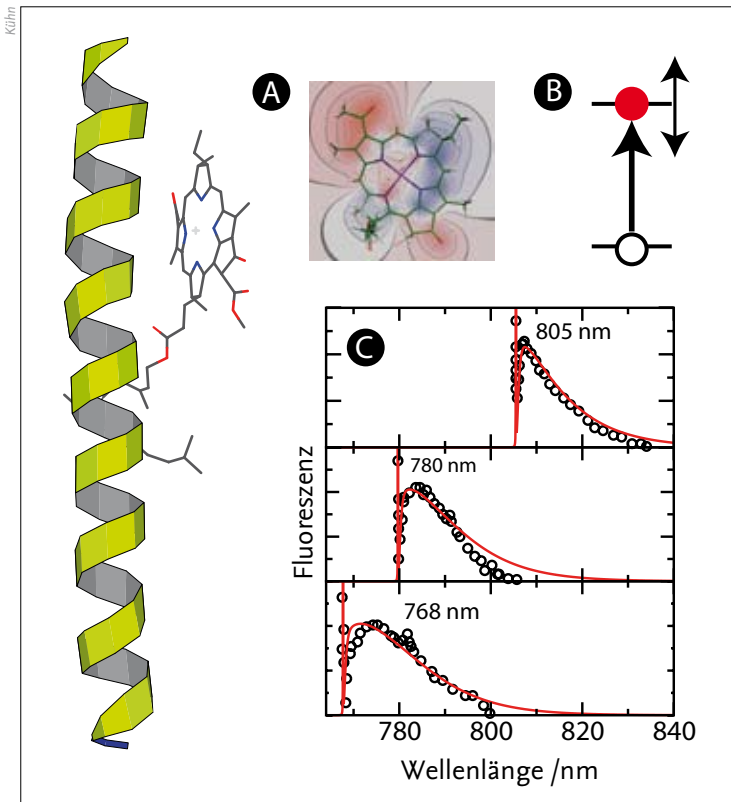
Sonnenenergie ist die Quelle des Lebens. Vor allem die Energie des Lichtes im sichtbaren Spektralbereich wird von einer Reihe von Organismen für die Photosynthese genutzt. Dabei wird von Pflanzen und Algen Kohlendioxid gebunden und Sauerstoff freigesetzt. Einige Bakterienarten, wie Schwefelbakterien, nutzen die Photosynthese zum Überleben in ökologischen Nischen, ohne dabei allerdings Sauerstoff zu produzieren. Im Verlauf der Evolution haben diese Organismen hochspezialisierte Photosynthese-Apparate entwickelt, die ihnen eine effiziente Umwandlung der Lichtenergie in nutzbare chemische Energie erlauben. Doch wie sehen die allgemeinen Bauprinzipien in diesen Photosynthese-Apparaten aus? Bahnbrechende Untersuchungen hierzu wurden schon 1932 von den Forschern Emerson und Arnold durchgeführt: Durch Messung der Sauerstoffproduktion nach Blitzlichtanregung entdeckten sie, dass ungefähr 2.500 Chlorophyllmoleküle an der Erzeugung eines Sauerstoffmoleküls beteiligt sind. Erst später wurde klar, dass es sich um lichtsammelnde Antennensysteme handelt, die ein sogenanntes Reaktions-



(A) Elektronische Anregung eines Pigments mittels eines Photons (grüner Pfeil). Im isolierten Molekül wird diese Anregung entweder durch strahlende oder strahlungslose Prozesse wieder gelöscht. (B) Die Wechselwirkung zweier Pigmente kann dazu führen, dass der Anregungszustand vom Donator auf den Akzeptor übertragen wird. (C) Die Kopplung zwischen Donator und Akzeptor nimmt mit abnehmendem Abstand zu, und es bilden sich ausgedehnte Anregungszustände sowohl mit niedrigerer als auch mit höherer Energie.

Kochen mit Solarenergie durch Energiebündelung.





Welchen Einfluss hat die Proteinumgebung auf die Eigenschaften der Lichtenergieabsorption und Emission von Pigmenten wie dem Bakteriochlorophyll-a? (linker Bildteil B777 Komplex) (A) Die Ladungen des Proteins „sehen“ die Differenz der elektrostatischen Potenziale des ersten elektronisch angeregten Zustandes und des Grundzustandes und können darüber die Übergangsenergien der Pigmente gezielt verändern. (B) Die Atomkerne sind nicht starr, ihre Bewegung führt zu einer Fluktuation der Übergangsenergie. (C) Beide Phänomene finden ihren Niederschlag zum Beispiel im emittierten Fluoreszenzspektrum nach Anregung bei verschiedenen Wellenlängen.

zentrum umgeben. Aufgabe der Antennen: Die „eingefangene“ Lichtenergie zum Reaktionszentrum transportieren, damit dort die chemischen Reaktionen der Photosynthese angetrieben werden können. Dabei wird

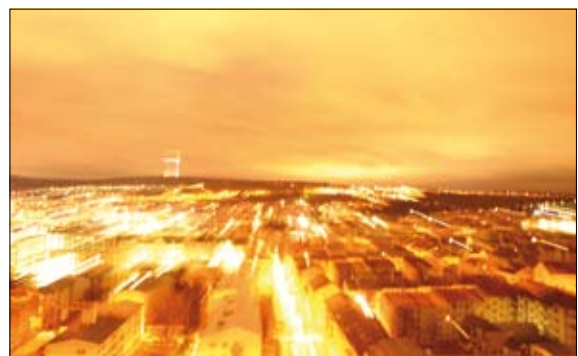
Antennensystem fast jedes aufgenommene Licht-Quant (Photon) für die photo-chemische Konvertierung genutzt. Verschiedene experimentelle und theoretische Methoden der Biologie, Chemie und Physik wurden in den letzten Jahren gezielt eingesetzt, um den molekularen Grundlagen dieser effizienten Ressourcennutzung auf die Spur zu kommen. Eine immer wiederkehrende Frage ist die nach dem Verhältnis von molekularer Struktur und Funktion. Der Begriff Struktur umfasst dabei die Geometrie der Atome in einem Komplex aus Proteinen und Pigment-Molekülen. Dieses statische Bild, das sich in Röntgenbeugungsexperimente zeigt, lässt nur auf einen Teil der Prozesse Rückschlüsse zu. Dem gegenüber steht der dynamische Aspekt: Er ist einerseits Konsequenz der thermischen Atom-Bewegungen, andererseits spielt er eine entscheidende Rol-

le, wenn die Elektronen durch das Licht angeregt werden. Was aber geschieht zunächst mit der Energie des Photons in diesem Komplex? Wie bewegt sich die Energie innerhalb der Antenne hin zum Reaktionszentrum? Wie wird sichergestellt, dass Energie möglichst effizient in eine Richtung fließt? Kurzum, wie werden die Antennen-Komplexe zu einem molekularen Energietrichter mit dem Reaktionszentrum als energetische Senke?

Lichteinstrahlung mit entsprechender Wellenlänge löst in einem Pigment-Molekül wie dem Chlorophyll (Chl) eine elektronische Anregung aus. Ist kein weiteres Pigmentmolekül in der Nähe, zerfällt dieser Anregungszustand nach einiger Zeit wieder. Befindet sich ein anderes Pigmentmolekül aber in nur wenigen Nanometern Entfernung, kann es zu einer Übertragung der Anregungsenergie kommen. Die grundlegenden Vorstellungen zur Beschreibung des Energietransfers gehen auf Arbeiten des Physikochemikers Theodor Förster aus den 1940er Jahren zurück. Das Phänomen der Energiewandlung ist allerdings nicht auf photosynthetische Antennen begrenzt. Schon in den 1920er Jahren hatte der Nobelpreisträger Jean Perrin entsprechende Prozesse untersucht, die in Lösungen von Farbstoffmolekülen auftreten. Ein Modell dazu war von seinem Sohn Francis Perrin entwickelt worden.

Energietransfer

Försters Verdienst war es nun, diese Vorstellung um wichtige Aspekte wie den Einfluss der Atomkernbewegung zu erweitern, und in eine theoretische Form zu bringen, die unmittelbar in Beziehung zu experimentellen Messgrößen steht. Die sogenannte Förster-Rate für den Anregungsenergie transfer zwischen einem Donator und einem Akzeptormolekül ergibt sich aus dem



Wir machen Wissenschaft schön.

www.unicomcommunication.de

unicom
Werbeagentur GmbH

Fluoreszenzspektrum des Donators und dem Absorptionsspektrum des Akzeptors. Diese Spektren enthalten die Information über die Bewegung der Atome des Pigments und seiner Proteinumgebung. Eine wichtige Erweiterung wird jedoch erforderlich, wenn der Abstand zwischen zwei benachbarten Pigmenten klein wird – und ihre Wechselwirkung damit sehr groß. In diesem Fall können sich nach der Anregung Zustände herausbilden, die über mehrere Moleküle ausgedehnt sind. Durch die Wechselwirkung und die relativen Orientierungen der Pigmente werden die ausgedehnten Zustände normalerweise mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten durch das Licht angeregt; im Extremfall wird nur ein einziger ausgedehnter Zustand angeregt.

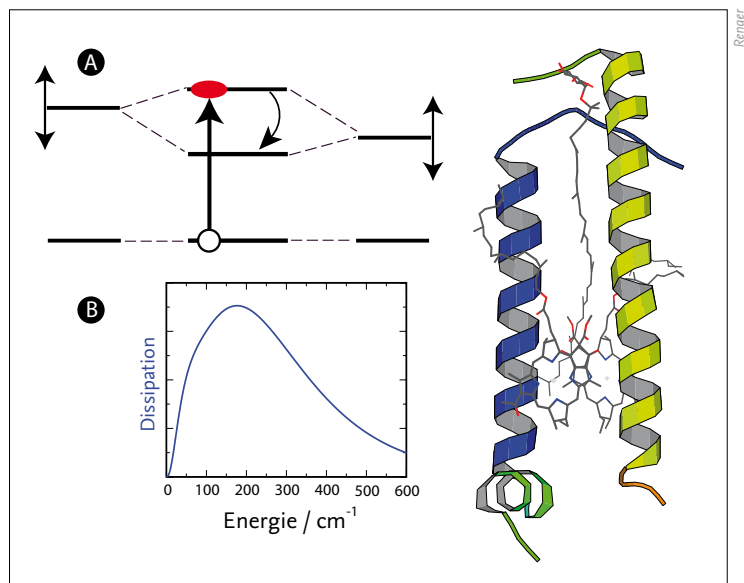
In photosynthetischen Antennensystemen verteilt sich die Anregung über mehrere, teilweise ausgedehnte Zustände. Nach optischer Anregung kommt es dabei zu einer Umverteilung der Anregungsenergie: Es stellt sich ein thermisches Gleichgewicht der angeregten Zustände ein, zu dem der Zustand mit der geringsten Energie am stärksten beiträgt. Die bei diesem als „Energiedissipation“ bezeichneten Prozess frei werdende Energie wird in Kernbewegungen umgewandelt. Energiedissipation ermöglicht letztlich den gerichteten Energietransfer im Antennenkomplex und stellt somit seine Funktion als Energietrichter sicher. Ein detaillierter Einblick in den zeitlichen Ablauf dieser Prozesse wurde erst durch Fortschritte auf dem Gebiet der Ultrakurzzeit-Spektroskopie möglich. Während die Lichtblitze von Emerson und Arnold eine Dauer von 10 Mikrosekunden (10^{-6} s) hatten, sind heutzutage Laserpuls-Dauern von 100 Femtosekunden (10^{-15} s) üblich.

Anhand der Lichtsammel-Komplexe verschiedener Bakterien und Pflanzen kann man erkennen, welche Strategien die Natur entwickelt hat, um diese Grundprinzipien in molekularen Energietrichtern photosynthetischer Systeme umzusetzen.

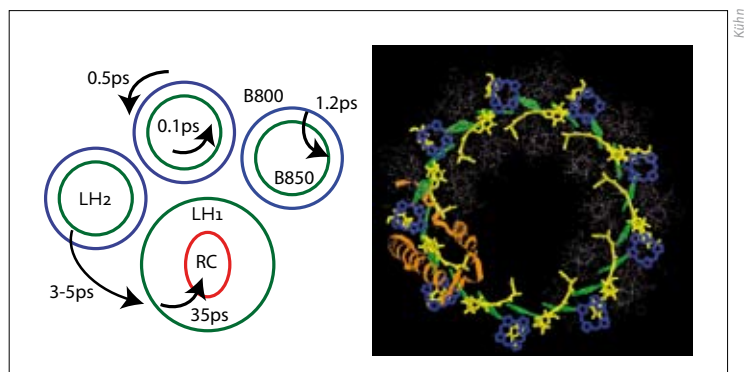
Purpurbakterienarten wie *Rhodospseudomonas viridis* oder *acidophila* gehören sicher zu den am besten charakterisierten Spezies. Ihr Lebensraum befindet sich am Boden von Gewässern und unterhalb von Organismen wie Pflanzen, Algen und Cyanobakterien, die Sauerstoff bilden. Die Photosynthese dieser sauerstoffbildenden Organismen wird durch Chlorophyll angetrieben, das im blauen und roten Bereich des sichtbaren Spektrums Licht absorbiert – daher auch die grüne Farbe. Die unterhalb dieser Organismen lebenden Purpurbakterien nutzen das Licht im nahen Infrarot- und im grünen Spektralbereich, das von den sauerstoffbildenden Organismen durchgelassen wird. Dabei kommt insbesondere Bakteriochlorophyll-a (BChl-a) als photoaktives Pigment zum Einsatz.

Photosynthese-Apparate

Der Lichtsammel-Apparat der Purpurbakterien ist ein Beispiel für die Steuerung des gerichteten Energietransfers durch die spezielle räumliche Anordnung der Pigmente. Die photosynthetische Einheit besteht aus zwei Arten von Antennenkomplexen, der äußeren Antenne (LH2) und der inneren (LH1), die das Reakti-

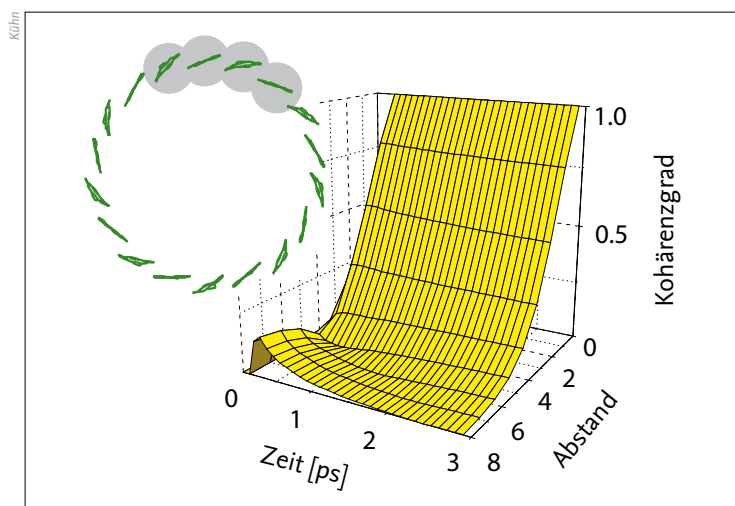


(A) Befinden sich zwei Pigmente in unmittelbarer Nachbarschaft, wie hier am Beispiel des B820-Komplexes gezeigt, bilden sich ausgedehnte angeregte Zustände. Ihre Natur wird durch die aufgrund der Wechselwirkung mit der jeweiligen Proteinumgebung unterschiedlichen individuellen Übergangsenergien geprägt. Hinzu kommt die Fluktuation der Monomereenergien. Nach Anregung eines höherenergetischen ausgedehnten Zustandes, kann durch Dissipation von Energie ein tiefer liegender Zustand eingenommen werden. (B) Die Effizienz der Dissipation von elektronischer Überschussenergie kann aus dem Fluoreszenzspektrum bestimmt werden.



Im linken Teil der Abbildung ist der Energiefluss in der photosynthetischen Einheit von Purpurbakterien schematisch veranschaulicht. Das Reaktionszentrum (RC) wird vom Lichtsammelkomplex LH1 umgeben, der wiederum die Anregungsenergie von einer Reihe von Antennen (LH2) empfängt. Im rechten Teil der Abbildung ist ein LH2-Komplex im Detail gezeigt (Quelle: T. Pullerits, privat). Die B850-Pigmente (grün) sind eng gepackt und wie das Schaufelrad einer Wassermühle angeordnet, währenddessen die B800-Pigmente (blau) in relativ großen Abständen senkrecht dazu liegen.

Der Lichtsammel-Apparat der Purpurbakterien ist ein Beispiel für die Steuerung des gerichteten Energietransfers durch die spezielle räumliche Anordnung der Pigmente. Die photosynthetische Einheit besteht aus zwei Arten von Antennenkomplexen, der äußeren Antenne (LH2) und der inneren (LH1), die das Reakti-



Aufgetragen ist ein Maß für die Ausdehnung eines Anregungszustandes (Kohärenzgrad) im LH2 von Purpurbakterien als Funktion der Zeit (mit Beginn der Laseranregung) und des Abstands der BChl-Moleküle. Unmittelbar mit der Anregung wird ein Zustand erzeugt, der sich über den gesamten Komplex ausdehnt. Dieser Zustand wird durch die schnellen Bewegungen der Atome gestört, sodass er sich schließlich auf drei bis vier Moleküle zusammenzieht.

Priv.-Doz. Dr. Oliver Kühn



Geboren 1964 in Berlin. Physikstudium an der Humboldt-Universität zu Berlin, Abschluss als Diplom-Physiker 1990, 1995 Promotion an der HU Berlin zum Dr. rer. nat. Von 1995 bis 97 Postdoctoral Fellow an der University of Rochester (USA) und an der Universität Lund (Schweden) als Stipendiat des DAAD, 2000 Habilitation in Theoretischer Chemie an der Freien Universität Berlin, seit 2004 Oberassistent

am Institut für Chemie der Freien Universität, AG Prof. J. Manz. Von 2002 bis 2003 Gastprofessor am Institute for Molecular Science in Okazaki, Japan.

Forschungsschwerpunkte: Femtosekundenchemie und -biologie, Quantendynamik und Spektroskopie in Gas- und kondensierter Phase, Wasserstoffbrücken, matrixisolierte Moleküle, Primärprozesse der Photosynthese.

Kontakt

Freie Universität Berlin

Fachbereich Biologie, Chemie, Pharmazie

Institut für Chemie und Biochemie

Takustraße 3, 14195 Berlin

Tel.: 030 – 838 55 342

E-Mail: ok@chemie.fu-berlin.de

Internet: <http://userpage.chemie.fu-berlin.de/~ok>

onszentrum unmittelbar umgibt. Beim LH2-Komplex sind BChl-a-Moleküle in zwei Ringen angeordnet. Ein Ring wird von neun sogenannten B800-Molekülen gebildet, deren Absorptionsmaximum bei 800 Nanometern liegt, und ein zweiter Ring von 18 B850-Molekülen, der die stärkste Absorption bei 850 Nanometern zeigt. Warum aber wird Licht von chemisch identischen Moleküle mit unterschiedlicher Wellenlänge absorbiert? Die Absorption der B800-Pigmente unterscheidet sich nur geringfügig von derjenigen in einem Lösungsmittel, für die B850-Pigmente bildet sich jedoch wegen der engen „Packung“ ein Anregungszustand, der sich über mehrere BChl-a-Moleküle erstreckt. Die Folge: Die Energie ist in diesem Zustand abgesenkt, und die Absorption wird bei größeren Wellenlängen möglich. Bei Ultrakurzzeit-Experimenten konnte man feststellen, dass die ausgedehnten Anregungszustände im LH2 nicht statisch sind. Aufgrund der Kernbewegung kommt es zu einer Dynamik des angeregten Zustandes im B850-Ring auf einer Zeitskala von Subpikosekunden. Die Anregungsenergie kann weiterhin auf B850-Ringe von benachbarten LH2-Komplexen übergehen und erreicht schließlich den aus 32 stark gekoppelten BChl-a-Molekülen aufgebauten LH1-Ring, der ein Absorptionsmaximum bei 875 Nanometern besitzt. Durch die Erhöhung der Anzahl stark gekoppelter Moleküle erfolgt in diesem Fall eine Absenkung der Anregungsenergie gegenüber dem B850-Ring des LH2. Damit gelingt es, die Anregungsenergie zunächst im LH1-Ring zu konzentrieren, bevor sie schließlich in das Reaktionszentrum im Inneren des LH1 übergeht. Dabei fungiert ein sehr stark gekoppeltes Paar aus zwei BChl-a-Molekülen, das sogenannte „special pair“, als Anregungsenergie-Akzeptor und als Initiator der photochemischen Prozesse.

Eine weitere Möglichkeit, einen Energietrichter zu erzeugen, ist der Einsatz chemisch unterschiedlicher Pigmente und die gezielte Steuerung der Anregungsenergien der Pigmente durch ihre lokalen Proteinumgebungen. Diese Strategien

Proteinumgebung

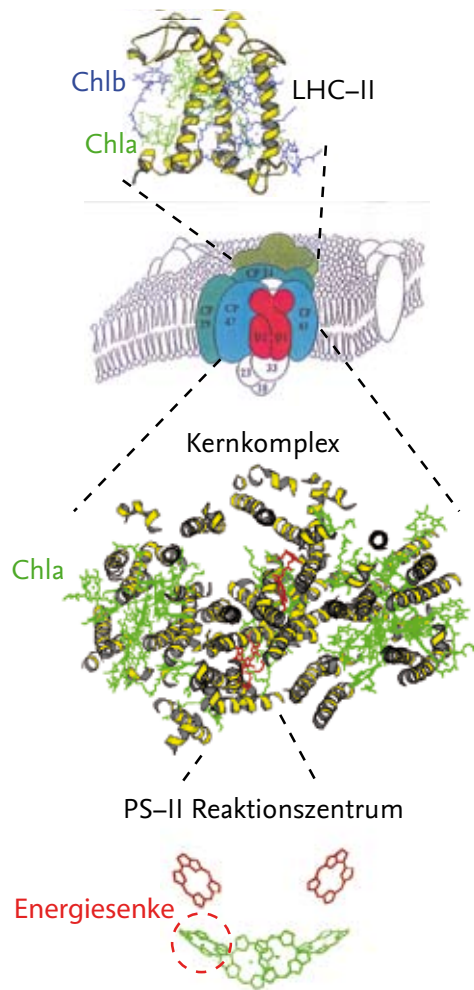
werden im Antennensystem der grünen Schwefelbakterien und im Lichtsammel-Apparat der Pflanzen realisiert. Schwefelbakterien haben – wie die Purpurbakterien – eine ökologische Nische besetzt. Sie leben in salzhaltigen Gewässern in großer Tiefe und benutzen Schwefelwasserstoff als Elektronenquelle für die Photosynthese. Sie haben sich in bis zu 80 Metern Tiefe an sehr geringe Lichtintensitäten angepasst, was ihnen durch die Ausbildung eines äußeren Antennensystems mit einer großen Zahl an selbstorganisierten BChl-c-Molekülen gelang. In diesen sogenannten Chlorosomen („grüne Säcke“) sind bis zu 10.000 Moleküle gebunden, die ihre Anregungsenergie

ergie über das sogenannte FMO-Protein zum photosynthetischen Reaktionszentrum leiten. Das FMO-Protein ist ein „Trimer“, dessen monomere Untereinheit sieben BChl-a-Moleküle bindet (siehe Abbildung auf Seite 63). Da Bchl-a aufgrund der unterschiedlichen chemischen Struktur energetisch unterhalb von BChl-c absorbiert, ergibt sich ein Energiegefälle von den Chlorosomen zum FMO-Komplex. Innerhalb des FMO-Komplexes, dessen Kristallstruktur als erste eines Pigment-Protein-komplexes vor mehr als 30 Jahren durch die Biochemiker Fenna, Matthews und Olson aufgedeckt wurde, baut sich ein Energietrichter dadurch auf, dass die Anregungsenergie der Pigmente durch ihre lokalen Proteinumgebungen gezielt verändert werden. Detaillierte Berechnungen ergaben, dass die energetische Senke im FMO-Komplex bei BChl 3 auftritt, was Rückschlüsse auf die Orientierungen des FMO-Komplexes in Bezug auf das Reaktionszentrum erlaubt.

Es stellt sich somit die Frage nach den molekularen Mechanismen der Wechselwirkung von Pigment und Protein, die zur energetischen Senke bei BChl 3 führen. Für die Verschiebung optischer Übergangsenergien von Pigmenten in die Proteinumgebung gab es bis vor kurzem lediglich qualitative Vorstellungen. Diese beruhten meist auf Berechnungen der Pigmente und kleinen Teilen ihrer Proteinumgebung sowie auf Studien an Mutanten, in denen die Proteinumgebung einzelner Pigment verändert wurde. Wesentliche Aspekte lassen sich anhand des Differenzpotenzials des angeregten Grundzustandes der Pigmente verstehen. Das Differenzpotenzial zeigt, wie elektrische Felder in der Umgebung der Pigmente deren optische Übergangsenergien verschieben. Es ist kürzlich in der Arbeitsgruppe von Thomas Renger erstmalig gelungen, die optischen Übergangsenergien der Pigmente des FMO-Komplexes direkt zu berechnen und damit optische Spektren zu erklären. Entscheidend für den Fortschritt war eine detaillierte Berücksichtigung der elektrischen Felder des gesamten Proteins und der Grund- und angeregten Zustände der Pigmente.

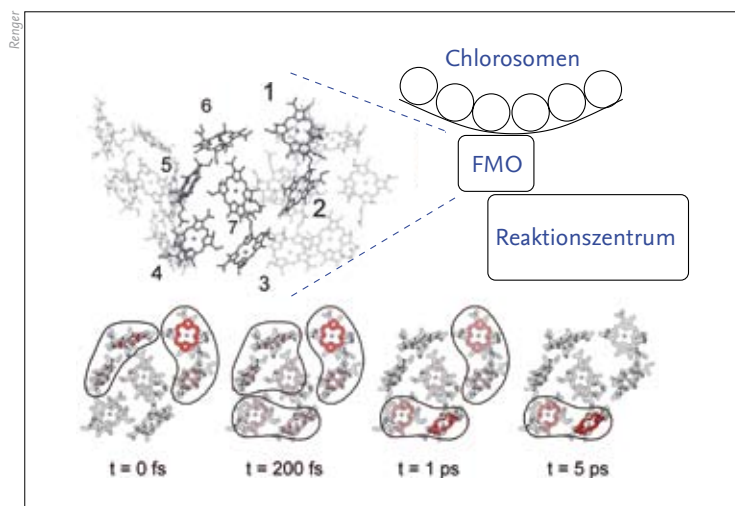
Pflanzen besitzen zwei Photosysteme. Photosystem II hat die Aufgabe, Wasser zu spalten, wobei der molekulare Sauerstoff, Grundlage des Lebens aller aeroben Organismen, als Nebenprodukt entsteht. Etwa die Hälfte aller auf der Erde vorkommenden Chlorophylle sind im peripheren Lichtsammelkomplex LHC-II des Photosystems II gebunden. Der LHC-II besitzt eine Trimer-Struktur, wobei in der monomeren Untereinheit neben 8 Chl-a-Molekülen noch 6 Chl-b-Moleküle enthalten sind.

Im Gegensatz dazu wird im Reaktionszentrum und den angrenzenden Lichtsammelkomplexen lediglich Chl-a



Schematische Darstellung der photosynthetischen Membran höherer Pflanzen. Die rot dargestellte Untereinheit beherbergt das Reaktionszentrum des Photosystems II. Um diese Untereinheit sind zunächst die sogenannten Kern-Lichtsammelantennen angeordnet. Diese wiederum sind umgeben von weiteren Antennenproteinen. Der Abschluss wird durch den Lichtsammelkomplexe LHC-II gebildet. Es existieren Kristallstrukturen für den Kernkomplex und den LHC-II Komplex (siehe Literaturliste). Die Chl-a Moleküle sind in grün und die Chl-b Moleküle in blau dargestellt. Der untere Teil der Abbildung zeigt die sechs stark gekoppelten Reaktionszentrum-Pigmente. Rechnungen ergeben, dass der tiefste angeregte Zustand des Reaktionszentrums am sogenannten „accessory“ Chlorophyll desphotochemisch aktiven Astes (roter Kreis) lokalisiert ist.

gefunden. Da Chl-b bei höheren Energien Licht absorbiert, ist hier wiederum ein molekularer Energietrichter in Richtung Reaktionszentrum realisiert. Obwohl die Pigmente im Reaktionszentrum des Photosystems II sehr ähnlich zu denen des Reaktionszentrums der Purpurbakterien angeordnet sind, gibt es einen entscheidenden Unterschied: Die Kopplung im zentralen Chl-a-Dimer, „special pair“ genannt, ist im Photosystem II wesentlich geringer. Als Konsequenz wird die Energiesenke im Reaktionszentrum des pflanzlichen Photosystems II nicht wie bei den Purpurbakterien durch



Im oberen linken Teil der Abbildung sind die Pigmente des FMO-Trimers dargestellt, die sieben BChl-a-Moleküle eines Monomers sind hervorgehoben. Der rechte obere Teil skizziert die Anordnung des FMO-Komplexes relativ zum Reaktionszentrum entsprechend von Elektronenbeugungs-Experimenten. Der untere Teil illustriert den berechneten räumlichen und zeitlichen Verlauf des Energie- und Ladungstransfers zum Reaktionszentrum. Dabei wurde angenommen, dass die Anregung aus der Richtung der äußeren Lichtsammelantenne, den Chlorosomen, im FMO-Komplex ankommt.

das „special pair“ gebildet, sondern durch ein benachbartes Chl-a-Molekül. Es ist also wahrscheinlich, dass die Photochemie an diesem Chlorophyllmolekül startet. Die funktionellen Vorteile eines solchen Anfangszustandes sind noch unbekannt.

Blickt man auf die Untersuchungen zu den ersten Schritten der Photosynthese zurück, wird deutlich, dass sich die Natur einer Reihe von grundlegenden Konstruktionsprinzipien bedient, um eine effiziente Nutzung der zur Verfügung stehenden Energie des Sonnenlichtes zu gewährleisten. Dazu gehört – neben einem Arsenal von Pigmentmolekülen und deren räumlicher Anordnung – vor allem die Verschiebung der Energien der Pigmente und die Dissipation der Überschussenergie durch Proteinumgebung.

Künstliche Antennen

Doch können die Konzepte übertragen werden? Hat die Natur eine Bauanleitung für künstliche Lichtsammelkomplexe bereitgestellt? Erste Erfolge bei der Synthese künstlicher Antennen sind vielversprechend. Wie es um die Photostabilität derartiger Komplexe bestellt ist, weiß man aber noch nicht: Die Natur hat an dieser Stelle vielfältige Schutz- und Reparaturmechanismen entwickelt, die jedoch noch weitestgehend unverstanden sind. Nur eines kann man mit Sicherheit sagen, nämlich dass die Konzepte der Photosynthese uns wichtige Impulse bei der Lösung des Energieproblems liefern werden.

Dr. Thomas Renger



Geboren 1970 in Zittau. Physikstudium an der Humboldt-Universität zu Berlin, Abschluss als Diplom-Physiker 1995, 1998 Promotion zum Dr. rer.nat. Von 1999 bis 2001 Feodor-Lynen-Stipendiat der Alexander-von-Humboldt-Stiftung am California Institute of Technology, Pasadena (USA), seit 2002 Nachwuchsgruppenleiter im Emmy-Noether-Programm der DFG am Institut für Chemie der Freien Universität.

Forschungsschwerpunkte: Theorie des Energie- und Ladungstransfers und der optischen Spektren von biologischen Makromolekülen, Dichtematrixtheorie und ihre Parametrisierung durch quantenchemisch/elektrostatische Methoden und Moleküldynamiksimulationen

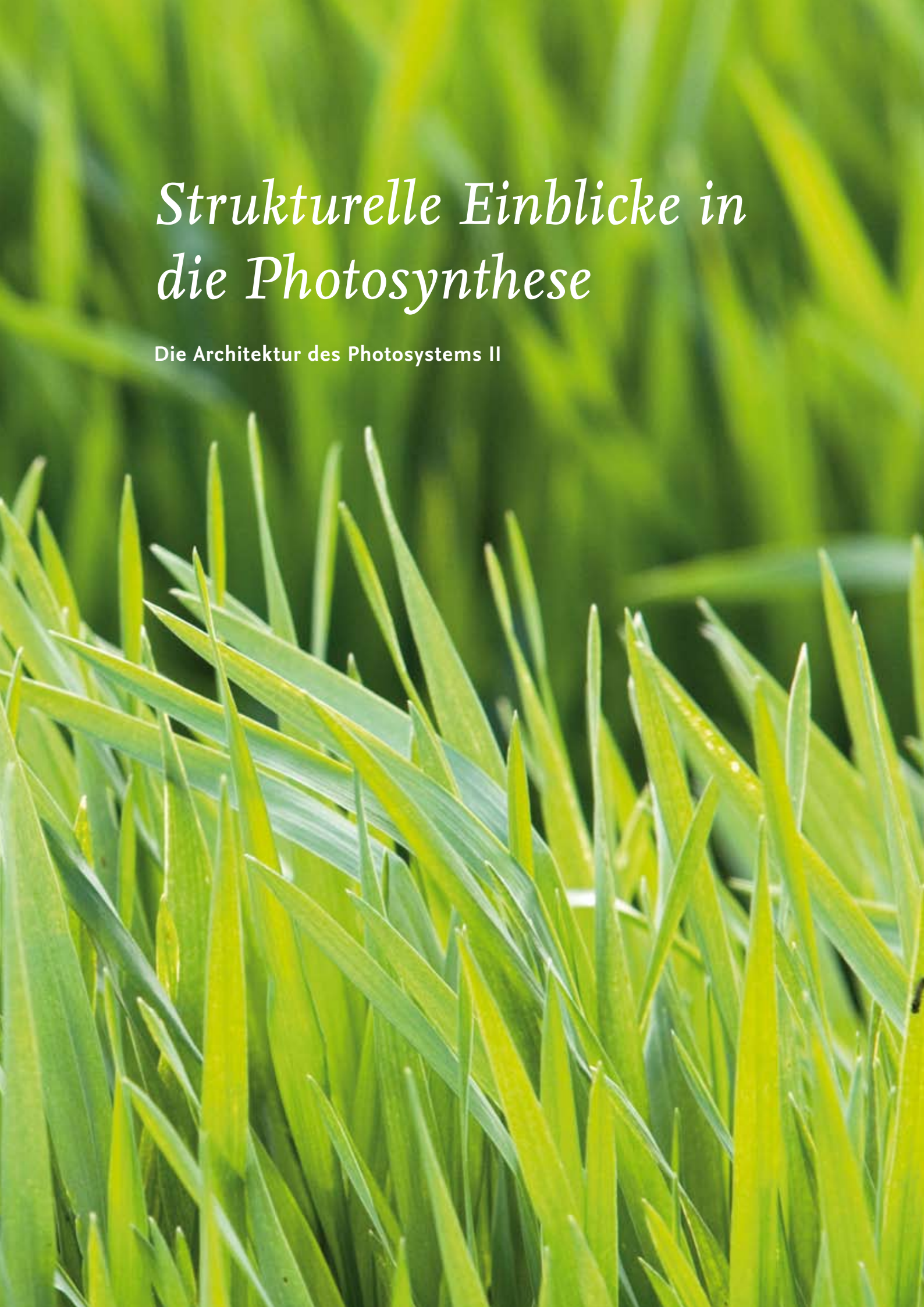
Kontakt

Freie Universität Berlin
 Fachbereich Biologie, Chemie, Pharmazie
 Institut für Chemie und Biochemie
 Takustraße 6
 14195 Berlin
 Tel.: 030 – 838 54 907
 E-Mail: rth@chemie.fu-berlin.de
 Internet: <http://userpage.chemie.fu-berlin.de/~rth>

Literatur

- J. Adolphs, T. Renger:** „How proteins trigger excitation energy transfer in the FMO complex of green sulfur bacteria“, *Bio-physical J.* 91, 2778 (2006).
- T. Förster:** „Energiewanderung und Fluoreszenz“, *Die Naturwissenschaften* 33, 166 (1946).
- Z. Liu, H. Yan, K. Wang, T. Kuang, J. Zhang, L. Gui, X. An, W. Chang:** „Crystal structure of spinach major light-harvesting complex at 2.72 Å resolution“ *Nature* 428, 287 (2004).
- B. Loll, J. Kern, W. Saenger, A. Zouni, J. Biesiadka:** „Towards complete cofactor arrangement in the 3.0 Å resolution structure of photosystem II“ *Nature* 438, 1040 (2005).
- M. E. Madjet, A. Abdurahman, T. Renger:** „Intermolecular Coulomb couplings from ab initio electrostatic potentials: Application to optical transitions of strongly coupled pigments in photosynthetic antennae and reaction center complexes“, *J. Phys. Chem. B* 110, 17268 (2006).
- V. May, O. Kühn:** „Charge and Energy Transfer Dynamics in Molecular Systems“, 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim, 2004.
- K. Möbius:** „Licht und Photosynthese“, fundiert Ausgabe 01/2003: „Licht und Finsternis“, S. 85 (2003).
- G. Raszewski, W. Saenger, T. Renger:** „Theory of Optical Spectra of Photosystem II Reaction Centers: Location of the Triplet State and the Identity of the Primary Electron Donor“, *Biophys. J.* 88, 986 (2005).
- T. Renger, R. A. Marcus:** „On the Relation of Protein Dynamics and Exciton Relaxation: An Estimation of the Spectral Density and a Theory for the Calculation of Optical Spectra“ *J. Chem. Phys.* 116, 9997 (2002).
- T. Renger, V. May, O. Kühn:** „Ultrafast Excitation Energy Transfer Dynamics in Photosynthetic Pigment-Protein Complexes“, *Physics Reports* 343, 137 (2001).





Strukturelle Einblicke in die Photosynthese

Die Architektur des Photosystems II

WOLFRAM SAENGER UND BERNHARD LOLL

Wie wir schon in der Schule lernen, assimilieren die Pflanzen bei der Photosynthese Kohlendioxid (CO_2) und setzen es mit Wasser (H_2O) um zu Sauerstoff (O_2) und Kohlenhydraten (Zuckern der allgemeinen Formel $\text{C}_n\text{O}_n\text{H}_{2n}$). Dieser Prozess wird durch Sonnenlicht-Energie angetrieben, und die entsprechende chemische Gleichung ist verblüffend einfach:



Der Sauerstoff entsteht durch Oxidation von Wasser und hat seit Beginn der „oxygenen“ (Sauerstoff liefernden) Photosynthese vor circa 2,5 Milliarden Jahren das Leben auf unserem Planeten grundlegend verändert, weil die Ur-Atmosphäre keinen Sauerstoff enthält. Erst durch den Sauerstoff wurde die Nahrung durch „Verbrennung“ 10-mal besser genutzt als ohne Sauerstoff. Dies ermöglichte die Entstehung vieler Lebewesen bis hin zum *Homo sapiens*.

Die Photosynthese ist ein sehr komplexer Prozess, weil die Ausgangsstoffe Wasser und CO_2 chemisch äußerst stabile Moleküle sind, die sich nur mit brachialer Gewalt oder ausgetüftelter „sanfter“ Biochemie chemisch in andere Moleküle überführen lassen. Am Beginn der Photosynthese stehen zwei große, aus vielen Proteinen (Eiweißen) zusammengesetzte Komplexe, die Photosysteme I und II (PSI und PSII). Sie enthalten eine Vielzahl von redox-aktiven Pigmenten und können damit chemische Reduktionen und Oxidationen auslösen

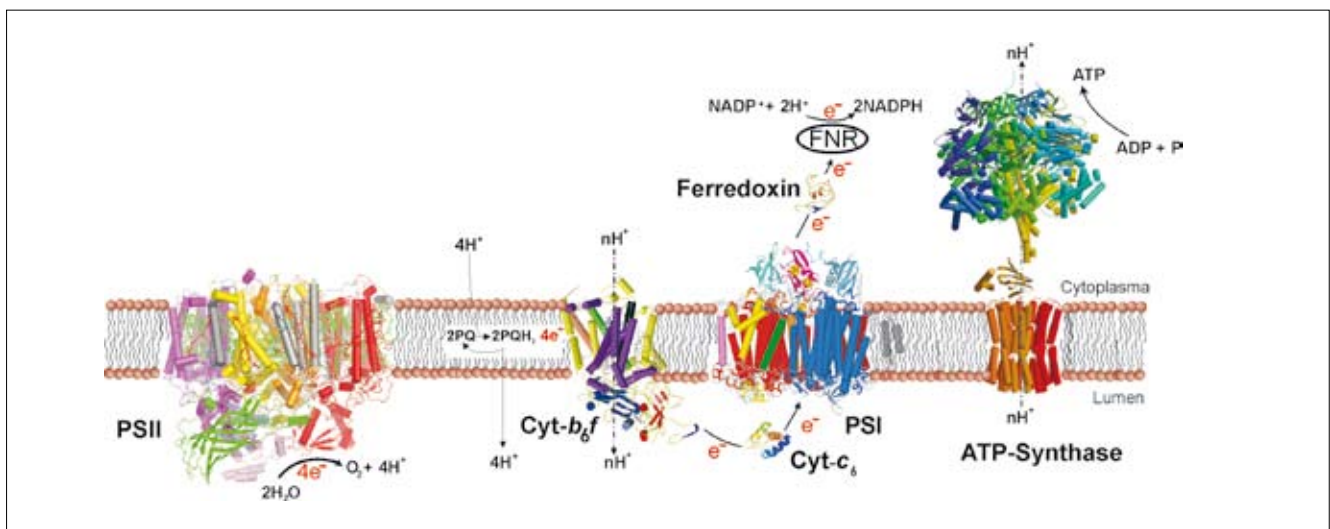
und/oder katalysieren. Die Photosysteme PSI und PSII sind in die photosynthetische Thylakoidmembran (Abbildung unten) eingebettet, die allen höheren Pflanzen, grünen Algen und Cyanobakterien eigen ist. Das in PSI und PSII vorkommende Pigment Chlorophyll dient als Kollektor von Sonnenlicht und gibt nicht nur den Blättern, sondern auch den Algen und Cyanobakterien ihre charakteristische grüne Farbe.

Die Thylakoidmembran ist ein sackartiges Gebilde, dessen Innenraum als Lumen und die Außenseite als Stroma (oder Cytoplasma) bezeichnet wird. Neben PSI und PSII beherbergt die Thylakoidmembran auch noch den Cytochrom- b_6f -Komplex sowie die ATP-Synthase, die ebenfalls aus vielen einzelnen Protein-Untereinheiten zusammengesetzt ist (Abbildung unten). Die ATP-Synthase erzeugt Adenosintriphosphat (ATP), das in der Biologie als „Energiewährung“ dient und bei einer Vielzahl von Prozessen wesentlich ist, unter anderem eben auch in der Photosynthese.

Die dreidimensionalen Strukturen von PSI und PSII aus dem Cyanobakterium *Thermosynechococcus elongatus* wurden mit Hilfe der Röntgenbeugung (Diffraction) im Rahmen des früheren Sonderforschungsbereichs (Sfb) 312 „Gerichtete Membranprozesse“ und des jetzigen Sfb 498 „Protein-Cofaktor-Wechselwirkungen“ in langjähriger Zusammenarbeit zwischen Freier Universität (Institut für Chemie und Biochemie/Kristallographie) und Technischer Universität (Institut für Physikalische Chemie/Max-Volmer-Laboratorium) ermittelt. Im Zentrum der Röntgenbeugung stehen Kristalle, die aus PSI- sowie PSII-Proteinpräparationen an der Technischen Universität gewonnen werden. Dazu müssen die Photo-

Grüne Farbe

Schematische Ansicht der Thylakoidmembran mit den photosynthetisch wirkenden Protein-Komplexen Photosystem I und II (PSI, PSII), dem Cytochrom- b_6f -Komplex (Cyt- b_6f) und der ATP-Synthase. Die kleinen Proteine Cytochrom- c_6 (Cyt- c_6) und Ferredoxin transportieren Elektronen (e^-), das Enzym Flavin-nucleotid Reduktase (FNR) produziert NADPH, das mit ATP in Dunkelreaktionen CO_2 zu Zuckern reduziert. Protonen (H^+), die in das Lumen abgegeben werden, treiben die ATP-Synthase an.



systeme mit seifenartigen Detergentien (Tensiden) aus der Thylakoidmembran herausgelöst und mit chromatographischen Methoden gereinigt werden, bevor sie durch Zugabe von Reagenzien, die die Löslichkeit der Photosysteme in Wasser verringern, kristallisiert werden können.

Die erhaltenen Kristalle sind aus Elementarzellen aufgebaut, in denen die einzelnen Molekülkomplexe PSI oder PSII streng geordnet vorliegen und ein „Kristallgitter“ aufbauen. Lässt man nun Röntgenstrahlen einer bestimmten Wellenlänge von etwa $1 \text{ \AA}$ (10^{-10} m) auf diese Kristalle fallen, so werden die Elektronen in den einzelnen Atomen von PSI oder PSII angeregt und senden Röntgenstrahlen derselben Wellenlänge aus. Wegen des regelmäßigen Aufbaus des Kristallgitters tritt konstruktive Interferenz auf und erzeugt Beugungsbilder, die viele Reflexe (Punkte) zeigen. Die Intensität dieser Reflexe werden mit Filmen oder durch elektronische Flächenzähler gemessen. Weil PSI und PSII mit Molekulargewichten von circa 1,1 und 0,7 Millionen sehr groß

und dadurch die Intensität der Reflexe sehr schwach sind, ist es unumgänglich, hochbrillante Röntgenstrahlung zu verwenden, die von Synchrotronen wie dem Berliner BESSY erzeugt werden.

Hierfür sind die Röntgen-Strahlrohre der Proteinstruktur-Fabrik am BESSY der Freien Universität oder die Strahlrohre der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) in Grenoble sehr gut geeignet. Die Aus-

BESSY

wertung der 230.000 bis 150.000 Röntgenreflexe, die mit PSI- oder PSII-Kristallen erhalten wurden, lieferten Elektronendichte-Verteilungen, die am Computer ausgewertet wurden und zu einem Strukturmodell des kristallisierten Moleküls führten. Dieses Modell ist umso detaillierter, je höher die Auflösung des Beugungsmusters ist. Für PSI konnte ein Modell mit atomarer Auflösung erstellt werden, während die Auflösung von PSII derzeit etwas geringer und das erstellte Modell an manchen Stellen zu undeutlich ist, um einzelne Atome mit Sicherheit lokalisieren zu können. Da die Auflösung von der Qualität der Kristalle abhängt und diese wiederum von der Reinheit des für die Kristallisation eingesetzten Moleküls und des Kristallisationsvorgangs, werden zur Zeit an der Technischen Universität die experimentellen Bedingungen variiert, die zu einer höheren Auflösung der Kristalle führen sollen.

Die Photosynthese läuft in zwei sehr unterschiedlichen Reaktionsströmen ab, der Licht-Reaktion und der Dunkel-Reaktion. Die Licht-Reaktion geschieht in der Thylakoidmembran. Beginnend mit PSII wird Lichtenergie von Chlorophyllen eingefangen und dient dazu, Wasser (H_2O) zu Sauerstoff (O_2), Protonen (H^+) und Elektronen (e^-) zu oxidieren. Der Sauerstoff entweicht in die Atmosphäre, H^+ wird zu einem Teil in den Innenraum (Lumen) des Thylakoidsacks abgegeben und zu einem anderen Teil dazu benutzt, um mit Elektronen das Pigment Plastochinon (PQ und PQB in Abbildung

Mit Licht

Seite 66 beziehungsweise Seite 69) zu Plastohydrochinon PQH₂ zu reduzieren, das daraufhin den PSII-Komplex verlässt. Es wandert (diffundiert) in der Thylakoidmembran zum Cytochrom- b_6f -Komplex, wo es wieder zu Plastochinon, Protonen und Elektronen oxidiert wird. Das Plastochinon wird vom PSII aufgenommen, um einen neuen photosynthetischen Zyklus zu durchlaufen.

Die am Cytochrom- b_6f -Komplex freigegebenen Protonen und Elektronen werden ebenfalls in den Innenraum des Thylakoidsacks abgegeben, und die Elektronen werden von dem kleinen, im Lumen befindlichen Protein Cytochrom- c_6 aufgenommen, zum PSI transportiert und an dieses abgegeben. Im PSI werden die Elektronen durch Lichtenergie auf ein sehr hohes elektrochemisches Reduktionspotenzial gebracht und an der Außenseite (dem Cytoplasma/Stroma) des Thyla-

Prof. Dr.-Ing. Wolfram Saenger



Geboren 1939 in Frankfurt am Main. Studium der Chemie an der Technischen Hochschule Darmstadt. Promotion 1965 bei Prof. F. Cramer zum Dr.-Ing. über die Kinetik von Cyclodextrin-Einschlussverbindungen. Während eines zweijährigen Aufenthalts an der Harvard University erlernte er bei Prof. J. Z. Gougoutas die Röntgenstruktur-Analyse und gründete danach am Göttinger Max-Planck Institut für Experimentelle Medizin

eine Gruppe, die sich mit der Strukturbestimmung von Oligosacchariden, Nucleinsäuren sowie Proteinen befasste. Seit 1981 betreut er den Lehrstuhl für Kristallographie an der Freien Universität. Er erhielt mehrere Auszeichnungen, darunter den Leibniz- und den Humboldt-Preis, ist Mitglied der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und von EMBO, sowie Sprecher des Sonderforschungsbereichs 449 „Struktur und Funktion membranständiger Rezeptoren“.

Kontakt

Freie Universität Berlin
 Fachbereich Biologie, Chemie, Pharmazie
 Institut für Chemie und Biochemie/Kristallographie
 Takustraße 6
 14195 Berlin
 Tel.: 030 – 838 534 12
 Fax: 030 – 838 567 02
 E-Mail: saenger@chemie.fu-berlin.de



koidsacks an das kleine Protein Ferredoxin abgegeben. Von diesem werden die Elektronen zur NADP⁺-Reduktase transportiert, um dort NADP⁺ unter Verwendung von Protonen in das starke Reduktionsmittel NADPH umzuwandeln.

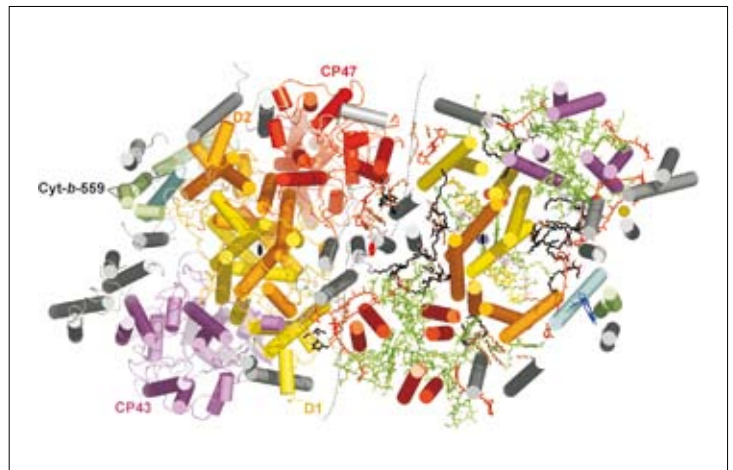
Die Protonen, die von PSII und dem Cytochrom-b₆f-Komplex in das Lumen des Thylakoidsacks abgegeben wurden, erzeugen dort einen sauren pH-Wert von etwa 5. Da der pH-Wert auf der Cytoplasma/Stroma-Seite der Thylakoidmembran neutral ist (pH 7), entsteht ein Protonengradient über der Membran, der die ATP-Synthase antreibt und damit für die Erzeugung von ATP genutzt wird.

Die Dunkel-Reaktionen laufen, wie schon der Name sagt, ohne Lichtenergie ab, doch werden hier die in der Lichtreaktion erzeugten Verbindungen NADPH als Reduktionsmittel und ATP als Energieträger benutzt, um im Calvin-Zyklus CO₂ zu Kohlenhydraten (C_nO_nH_{2n}) zu

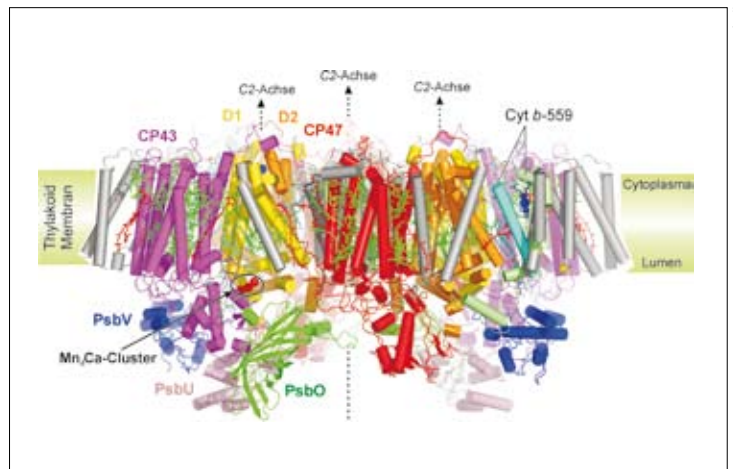
Ohne Licht

reduzieren und damit Nahrung für alle Lebewesen zu erzeugen. Die eingangs erwähnte einfache Gleichung beschreibt also nur die in der Photosynthese wichtigen Ausgangsstoffe CO₂ und H₂O und die Produkte (C_nO_nH_{2n}) sowie O₂, nicht aber die komplexen Prozesse, die in den Licht- und Dunkel-Reaktionen ablaufen. Wir beschränken uns hier aus Platzmangel nur auf die Beschreibung von PSII, ohne das die „oxygenen“ Photosynthese nicht möglich wäre.

Die Abbildungen rechts zeigen die dreidimensionale Struktur des PSII, das aus 20 verschiedenen Proteinen besteht, die folgende Pigmente beherbergen: 35 Chlorophylle, 11 Carotine, 2 Pheophytine, 2 Plastochinone (PQ_A und PQ_B), 2 Hämgruppen, 14 Lipide, ein Eisenatom (Fe²⁺), vier Manganatome (in verschiedenen Oxidationsstufen Mn²⁺, Mn³⁺, Mn⁴⁺) und ein Calciumatom (Ca²⁺), die den in der Natur einzigartigen Mn₄Ca-Cluster bilden. PSII liegt in der Thylakoidmembran und in den untersuchten Kristallen als Homodimer vor, das heißt, zwei PSII-Moleküle bilden einen Komplex. PSII enthält die beiden Antennen-Proteine CP43 und CP47, die insgesamt 29 Chlorophylle binden und damit Lichtenergie einfangen, die an das eigentliche Reaktionszentrum weitergeleitet wird. Dieses besteht aus den beiden Proteinen D1 und D2, die die Elektronen-Leiterkette (Abbildung Seite 69) beherbergen sowie dem Cytochrom-b₅₅₉ (Cyt-b₅₅₉ in den Abbildungen rechts), das eine Hämgruppe enthält (in blau dargestellt). Wesentlich ist, dass eine C2-Symmetrieachse (schwarze Ellipsen beziehungsweise Pfeile in den Abbildungen rechts) durch eine Rotation um 180 Grad die jeweils ähnlichen Proteine CP43 in CP47 sowie D1 in D2 überführt. Die C2-Symmetrie spiegelt sich auch in der Elektronen-Leiterkette wider, deren aktives Zentrum aus zwei Paaren von Chlo-



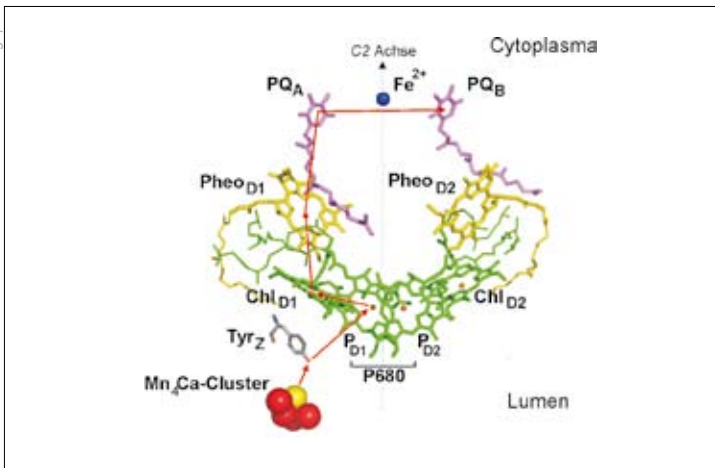
Schematische Sicht des PSII Homodimers, Blick auf die cytoplasmatische Seite der Thylakoidmembran (von „oben“ in der Abbildung auf Seite 66). Die beiden Monomere im Dimer sind durch eine gepunktete Linie getrennt, die C2-Symmetrieachsen (die Symmetrie gilt nur ungefähr) durch Ellipsen gekennzeichnet. Die rote Ellipse (Mitte) bezieht die beiden Monomere im Dimer durch eine Rotation um 180 Grad aufeinander, während die schwarzen Ellipsen dies für die Proteinuntereinheiten D1, D2 und CP43, CP47 tun. Die einzelnen Protein-Untereinheiten bestehen aus α-Helices, die als Zylinder in unterschiedlichen Farben dargestellt sind: Reaktionszentrum D1 (gelb), D2 (orange), Antennenproteine CP43 (rot), CP47 (magenta), kleine Untereinheiten in grau. Das linke Monomer ist ohne, das rechte Monomer mit Pigmenten dargestellt, Chlorophylle (grün), Carotine (orange), Lipide (schwarz), Pheophytine (gelb).



Wie die Abbildung oben, Blick entlang der Thylakoidmembran, zusätzlich sind alle Pigmente dargestellt. Bemerkenswert ist die große Ausstülpung des PSII in das Lumen. In dem linken Monomer ist der Mn₄Ca-Cluster gut sichtbar (rote Kugeln Mangan, gelbe Kugel Calcium). „C2-Achse“ bezeichnet die in Abbildung 2 durch Ellipsen angedeuteten Lagen der C2-Symmetrieachsen (die Symmetrie gilt nur ungefähr).

rophyllen, P_{D1} und P_{D2} sowie Chl_{D1} und Chl_{D2} besteht und als Pigment 680 (P680) bezeichnet wird.

Nach Anregung durch Lichtenergie, die von den Antennenproteinen CP43 und CP47 eingefangen wurde, stößt P680 ein Elektron aus und bildet das Radikal-Kation P680^{•+} (+ steht für Kation oder positive Ladung, • deu-



Elektronen-Leiterkette, das Herz des PSII. Sie besteht aus P680, das aus den Chlorophyllen P_{D1} und P_{D2} sowie Chl_{D1} und Chl_{D2} gebildet wird, den Pheophytinen Pheo_{D1}, Pheo_{D2}, den Plastochinonen P_{QA}, P_{QB}, und dem Eisen Fe²⁺. P_{QB} verlässt PSII nach Reduktion zu Plastochinol (PQH₂ in Abbildung Seite 66). P680 verliert ein Elektron nach Zufuhr von Lichtenergie, und das entstandene Radikal-Kation P680⁺⁺ wird durch ein Elektron vom Mn₄Ca-Cluster (Farben wie in Abbildung Seite 68) mittels Tyrosin Z (Tyr_Z) neutralisiert. Die Oxidation von Wasser geschieht am Mn₄Ca-Cluster. Der Weg der Elektronen ist durch rote Pfeile markiert.

Dr. Bernhard Loll



Bernhard Loll wurde 1974 in Ravensburg geboren. Er studierte Chemie an der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg im Breisgau. Nach seiner Diplomarbeit in der Arbeitsgruppe von Prof. G. E. Schulz wechselte er an die Freie Universität in den Arbeitskreis von Prof. W. Saenger. 2005 promovierte er über die Kristallstruktur des cyanobakteriellen Photosystems II. Anschließend wechselte er als Postdoc an das Max-

Planck-Institut für Medizinische Forschung in Heidelberg/Abteilung für Biomolekulare Mechanismen. Dort arbeitet er in der Gruppe von Dr. A. Meinhardt an der biochemischen und kristallographischen Charakterisierung von Proteinkomplexen, die eine wichtige Rolle in der 3'-RNA Prozessierung spielen. 2006 erhielt Bernhard Loll für ein Essay über seine Doktorarbeit einen Preis von der „American Association for the Advancement of Science“ (AAAS) sowie der „General Electric Healthcare“.

Kontakt

Max-Planck-Institut für Medizinische Forschung
Biomolekulare Mechanismen
Jahnstraße 29, 69120 Heidelberg

Tel.: 06221 – 486 508

Fax: 06221 – 486 585

E-Mail: Bernhard.Loll@mpimf-heidelberg.mpg.de

tet den Radikal-Zustand an). Das Elektron wandert über ein Pheophytin (PheoD1) und Plastochinon P_{QA} zum Plastochinon P_{QB}, das durch Aufnahme des Elektrons reduziert wird. Das Radikal-Kation P680⁺⁺ wird zum Ausgangszustand P680 neutralisiert, indem es dem Mn₄Ca-Cluster ein Elektron (e⁻) unter Vermittlung des redoxaktiven Tyrosins Z (Tyr_Z) entzieht. Jetzt wird der obige Vorgang wiederholt, Plastochinon P_{QB} wird nochmals reduziert, nimmt zwei Protonen auf und verlässt als Plastohydrochinon (PQH₂ in Abbildung auf Seite 66) seinen Lageplatz im PSII, um wie oben beschrieben am Cytochrom-b₆f-Komplex zum Plastochinon (P_{QB}) oxidiert zu werden.

Lichtenergie

Die dem Mn₄Ca-Cluster von P680⁺⁺ entzogenen Elektronen werden durch die Oxidation von Wasser, die am Mn₄Ca-Cluster abläuft, nachgeliefert. Mangan ist ungewöhnlich, da es in sechs verschiedenen Oxidationsstufen vorliegen kann (Mn²⁺ bis Mn⁷⁺), das heißt, leicht Elektronen aufnimmt und wieder abgibt. Aus zwei Wassermolekülen H₂O wird ein Sauerstoffmolekül (O₂) gebildet, dabei werden vier Protonen (H⁺) und vier Elektronen (e⁻) freigesetzt. Der exakte chemische Mechanismus, mit dem die Oxidation von Wasser am Mn₄Ca-Cluster geschieht, ist noch unklar, doch werden insgesamt 4 Zyklen durchlaufen, um ein O₂ zu erzeugen. Um dies zu zeigen, wurde eine Lösung von PSII mit einzelnen Lichtblitzen bestrahlt und die Bildung von O₂ gemessen. Nach 4, 8 oder 12 Blitzen war die Entwicklung von O₂ jeweils am stärksten. Trotz intensiver Forschung und vieler Detailkenntnisse ist es noch nicht gelungen, die Vorgänge am PSII, und hier vor allem am Mn₄Ca-Cluster, zu verstehen. Dies wäre jedoch wesentlich, um eventuell einen synthetischen Mn₄Ca-Cluster zu erhalten und zu synthetisieren, an dem die Wasserspaltung ablaufen könnte. Es sollte möglich sein, PSII an eine Elektrode zu koppeln, um die aus der Oxidation von Wasser erhaltenen Elektronen zur Gewinnung von Elektrizität abzufangen. Hierbei tritt jedoch ein Problem auf, weil das wichtige Protein D1 des Reaktionszentrums während der Produktion von Sauerstoff kontinuierlich zerstört wird und nach etwa 30 Minuten ersetzt werden muss. Dafür ist aber die intakte Zelle des jeweiligen Organismus nötig, weil zerstörtes D1 entfernt und durch neu synthetisiertes D1 ersetzt werden muss.

Gewinnung von Elektrizität

Literatur

- Jordan, P., Fromme, P., Witt, H. T., Klukas, O., Saenger, W., and N. Krauß (2001): Three-Dimensional Structure of Cyanobacterial Photosystem I. *Nature* 411: 909–917.
- Loll, B., Kern, J., Saenger, W., A. Zouni, and J. Biesiadka (2005): Towards complete cofactor arrangement in the 3.0 Å resolution structure of photosystem II. *Nature* 438: 1040–1044.





Segen oder Fluch?

Fossile Energieträger aus geologischer Sicht

Seit der industriellen Revolution spielen fossile Energieträger eine zentrale Rolle, zunächst Stein- und Braunkohle, in jüngerer Zeit bevorzugt Erdgas und Erdöl. Nicht zufällig hat sich in klassischen Industriezentren Europas, wie in Birmingham und im Ruhrgebiet, ein intensiver Kohlebergbau etabliert. In Folge der von Europa ausgehenden Industrialisierung haben sich in den Industrienationen weltweit technischer Fortschritt, soziale Sicherungssysteme und ein gehobener Lebensstandard verbreitet: ein Segen für die industrialisierten Gesellschaften?

Angesichts einer in seinen Auswirkungen zunehmend spürbaren Erwärmung von ein bis zwei Grad in den letzten 100 Jahren zeichnen die Medien ein Horrorszenario eines sich verändernden Weltklimas auf, das die Menschheit – wenn nicht die ganze lebendige Welt – in seiner Existenz zu gefährden droht. Als vorrangige Ursache der Klimaerwärmung wird die hohe CO_2 -Produktion der Industrienationen ins Feld geführt und die Verbrennung von fossilen Energieträgern verteuert, von Staats wegen fast schon kriminalisiert und durch erhöhte Steuerbelastungen für CO_2 -Sünder bestraft: Ist die Nutzung der fossilen Energieträger doch ein Fluch? Ist der Aktionismus, mit dem sich Politiker weltweit profilieren, auch aus der erdgeschichtlichen Sicht gerechtfertigt? Gerade angesichts einer begrenzten Lebenswelt einer einzelnen Generation oder der letzten Jahrtausende?

Dass das Weltklima einer langsamen, in den letzten Jahren verstärkten Erwärmung unterliegt, deren Gradient steiler ist, als von Schwankungen in den letzten 10.000 Jahren bekannt ist, ist messbar und steht nicht in Frage. Die ersten Folgen kurzfristiger Veränderungen der

Weltklima

Luftmassen- und Niederschlagsverteilung sind bereits spürbar. Sollte der momentane Trend längerfristig, also über Jahrhunderte anhalten – was jedoch keiner seriös voraussagen kann – müssen wir uns auf gravierende Folgen einstellen. Die Küstenregionen werden infolge des Abschmelzens von kontinentalen Eismassen durch den sukzessiv steigenden Meeresspiegel überflutet, große Mengen des Treibhausgases Methan werden durch das Auftauen der Permafrostböden freigesetzt, durch den verminderten Temperaturgradienten zwischen Äquator und den Polen werden auf dem Festland die Vegetationszonen verlagert, im Meer der Motor der Süd-Nord-Süd gerichteten Meereskonvektionen (einschließlich des Golfstroms) zunehmend vermindert. Solche durchaus realistischen Szenarien zögen langfristig weitreichende Veränderungen sämtlicher Ökosysteme nach sich und müssen eine Klima-

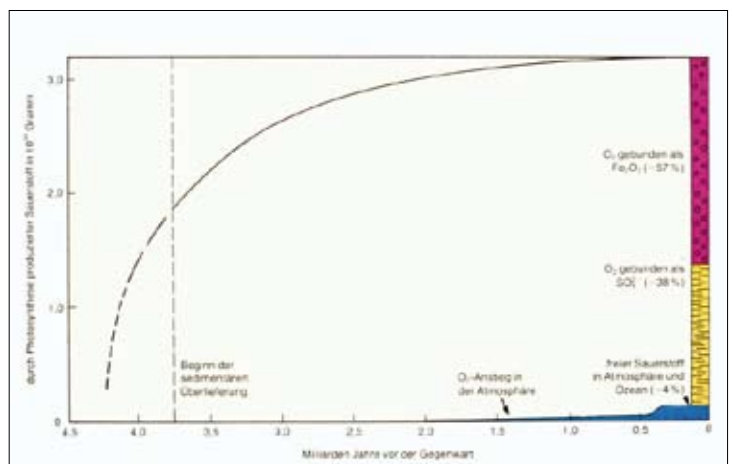
flucht großer Anteile der Weltbevölkerung auslösen, die angesichts der aktuellen Bevölkerungsdichte weit größere Probleme bereiten wird als ähnliche Völkerwanderungen in der Geschichte. Die meisten der großen Krisen der Lebewelt in der Erdgeschichte, zum Beispiel an der Wende vom Erdaltertum zum Erdmittelalter (Perm/Trias vor 250 Millionen Jahren) oder der Wende vom Erdmittelalter zur Erdneuzeit (Kreide/Tertiär vor 65 Millionen Jahren), denen mutmaßlich 75 bis 95 Prozent der Tiergattungen innerhalb weniger Millionen Jahre zum Opfer fielen, waren von deutlichen Klimaveränderungen begleitet und durch die anschließenden Radiationen ein wesentlicher Motor der Evolution.

Große Krisen

Während die möglichen Folgen einer Klimaerwärmung prinzipiell übereinstimmend diskutiert werden und auch im erdgeschichtlichen Rückblick durchaus verifizierbar sind, fällt die Beantwortung der „Schuldfrage“, also die Erklärung möglicher Ursachen des Klimawandels, keineswegs mehr so eindeutig aus. Vielmehr werden aus geologisch-historischer Sicht die Einflussmöglichkeiten des Homo sapiens deutlich relativiert. Es kann deshalb keineswegs garantiert werden, dass der volkswirtschaftlich sehr teure Aktionismus zur Verminderung der CO_2 -Produktion, selbst bei zukünftig weit über die Ziele des derzeitigen Kyoto-Abkommens hinausgehenden Werten, den gewünschten Erfolg erzielen wird. Um diesem Problem nachzugehen, stehen vier Aspekte im Vordergrund: Schon Schidlowski hatte 1981 sehr eindrucksvoll dargestellt, dass die Erdatmosphäre einer 4,5 Milliarden Jahre dauernden Evolution unterlag, die eng mit der

Zusammensetzung der Erdatmosphäre

Von den insgesamt $3,2 \times 1.016$ Tonnen photosynthetisch erzeugten Sauerstoffs stehen nur etwa 4 Prozent in der Atmosphäre und im Ozean für den freien Austausch zur Verfügung, der Rest ist durch die Oxidation der Sedimentgesteine gebunden. Der Sauerstoff-Menge steht eine entsprechende Masse organischer Substanz gegenüber, die neben der lebenden Biomasse vor allem in der Lithosphäre eingelagert ist.



Keupp



Nebenprodukte der Photosynthese, die seit mindestens 3,8 Milliarden Jahren vor allem durch Cyanobakterien, in jüngerer erdgeschichtlicher Zeit auch durch Algen und höhere Pflanzen erfolgt, sind die Sauerstoff-Produktion und die Deponie von Kalken, oft in Form der sogenannten Stromatolithe (Jungpräkambrium aus dem Geschiebe vom Limfjord/Dänemark; Bildbreite im Original 14 Zentimeter).

Univ.-Prof. Dr. Helmut Keupp



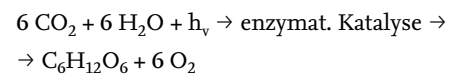
Geboren am 7. September 1949 in Augsburg. Von 1970 bis 1974 Studium der Geologie/Paläontologie an der Friedrich-Alexander-Universität (FAU) Erlangen. 1977 Promotion zum Dr. rer. nat. an der FAU („magna cum laude“). 1981 erfolgte die Habilitation. 1982: Erweiterte Venia legendi an der Ruhr-Universität Bochum für Paläontologie und Geologie. Von 1977 bis 1981 wissenschaftlicher Assistent am Institut für

Paläontologie der FAU und von 1981 bis 1986 Studienrat im Hochschuldienst an der Ruhr-Universität Bochum. Seit Januar 1987 Universitäts-Professor für Paläontologie an der Freien Universität Berlin und bis März 2001 (Gründung des Instituts für Geologische Wissenschaften) geschäftsführender Direktor des Instituts für Paläontologie. Von 1995 bis 1997 Prodekan und von 1997 bis 2003 Dekan des Fachbereichs Geowissenschaften an der Freien Universität. In der Zeit von 1996 bis 2003 Fachgutachter (Paläontologie) der DFG. Von Juli 2003 bis Juni 2007 Vizepräsident der Freien Universität Berlin.

Kontakt

Freie Universität Berlin
Präsidium
Kaiserswerther Str. 16–18
14195 Berlin
Tel.: 030 – 838 731 40
Fax: 030 – 838 731 47
E-Mail: vp4@fu-berlin.de

Entwicklung des Lebens auf der Erde gekoppelt und in den Sedimentgesteinen (seit etwa 3,8 Milliarden Jahren nachweisbar) dokumentiert ist (Abbildung links). Aufgrund der grundsätzlich reduzierenden chemischen Zusammensetzung der Erde war die Uratmosphäre frei von jeglichem freien Sauerstoff. Der heutige Anteil von knapp 21 Prozent ist biogenen Ursprungs und resultiert aus der Photosynthese photoautotropher Organismen, Bakterien und Pflanzen. Schon in den ältesten überlieferten Sedimentgesteinen (3,8 Milliarden Jahre) lässt sich geobiochemisch die Existenz von Bakterien nachweisen, die mit Hilfe des Sonnenlichts (= h_ν) atmosphärisches CO_2 unter Freisetzung von Sauerstoff in Zucker (Biomasse) umsetzten nach folgender sehr vereinfachten Summenformel:



Das bedeutet, dass pro produziertem Zuckermolekül sechs Sauerstoff-Moleküle freigesetzt werden. Unterliegt die organische Masse dem normalen Recycling, zehrt sie nach dem Tod durch die Verwesung den freigesetzten Sauerstoff wieder auf. Wird sie jedoch durch Einbringen in die Sedimentgesteine dem Kreislauf entzogen, bleibt das entsprechende Sauerstoff-Äquivalent zurück. Insgesamt sind so etwa $3,2 \times 1.016$ Tonnen Sauerstoff freigesetzt worden, deren Äquivalente an biogenen Kohlenstoff-Verbindungen in der lebenden Biomasse und den Sedimentdepots vorgehalten wird. Dieser Sauerstoff wurde zunächst für die Oxydation der Erdkruste aufgezehrt (Sulfate circa 28 Prozent, Eisenoxide circa 57 Prozent). Erst nach Sättigung der oberen Lithosphäre begann die Anreicherung des Sauerstoffs im Ozean und der Atmosphäre. Vor etwa zwei Milliarden Jahren erreichte die Konzentration an freiem Sauerstoff 1 Prozent der heutigen Konzentration, ein Schwellenwert, der komplexe Lebensformen ermöglichte, eucaryotische Zellen, deren Energiebedarf nur durch die effiziente Sauerstoff-Atmung vonstatten gehen kann. Seit etwa 500 Millionen Jahren hat sich ein dynamisches Gleichgewicht zwischen der Sauerstoff-Produktion und dessen Deponie eingestellt. Die mittlere Konzentration des freien Sauerstoffs in der Atmosphäre pendelt seitdem zwischen 20 und 30 Prozent. Wenn wir nun in großem Stil fossile Energieträger verbrennen, führen wir die organische Substanz wieder in den Recycling-Kreislauf zurück und gefährden prinzipiell die Menge des frei verfügbaren Sauerstoffs. Jedoch haben die bisherigen Aktivitäten, die ja nur den geringen Anteil von wirtschaftlich gewinnbaren Kaustobiolith-Anreicherungen nutzen, das Gleichgewicht nicht spürbar gestört.

Der Klimaverlauf der Erde ist durch sich abwechselnde Zyklen von relativ kurzen Kalt- und längeren Warm-



zeiten geprägt, die wiederum durch untergeordnete Zyklizitäten gegliedert sind. Sie korrelieren jedoch nur teilweise mit dem CO₂-Gehalt. Wir leben heute im Ausklang einer vor 34 Millionen Jahren eingeleiteten Kaltzeit. Ihren Höhepunkt erreichte sie seit etwa 900.000 Jahren (=Pleistozän) mit insgesamt neun Festlandsvereisungen und zwischengeschalteten wärmeren Phasen. Die letzte Vereisung der Nordhemisphäre, die auch die Region von Berlin überlagert hat, ging vor

Am Rande einer CO₂-reichen Treibhauswelt?

nur 10.000 Jahren zu Ende. Anhand der Gaseinschlüsse im Grönlandeis und durch Modellrechnungen kann man belegen, dass innerhalb der letzten 100.000 Jahre im Nordatlantik-System Temperaturschwankungen mit Amplituden von bis zu 10 °C innerhalb weniger Jahrzehnte stattfanden – zum Teil ausgelöst durch die zeitweise Verlagerung des Golfstroms. Diese regionalen Gradienten übersteigen das Ausmaß der heutigen globalen Erwärmung deutlich. Weniger dramatische Schwankungen des Klimageschehens waren auch in historischer Zeit wirksam. So wäre zum Beispiel Hannibal etwa 500 v. Chr. nicht mit seinen Elefanten über die Alpen nach Rom vorgedrungen, wenn zu dieser Zeit die Baumgrenze nicht knapp 200 Meter über der heutigen gelegen hätte; die „mittelalterliche Warmzeit“ ermöglichte unter anderem auch im Raum Regensburg (Ort Kelheimwinzer) den temporären Weinanbau.

Royer (2006) hat für das Phanerozoikum (die letzten 540

Phanerozoikum

Millionen Jahre der Erdgeschichte) durchschnittliche Korrelationen zwischen CO₂-Gehalt und globaler Klimasituation dargestellt. Danach sind Phasen mit flächigen Festlandsvereisungen durch CO₂-Werte unter 500 parts per million (ppm) und nicht vereiste Kaltzeiten durch Werte bis etwa 1.000 ppm gekennzeichnet. Der Icehouse-Zeit entsprechend ist der heutige CO₂-Gehalt in der Atmosphäre mit 365 ppm (=0,365 Prozent) relativ niedrig. Innerhalb des Phanerozoikums war er nur während der Eiszeit im Karbon/Perm für einen Zeitraum von etwa 60 Millionen Jahren geringfügig unter dem heutigen Niveau.

Jedoch ist in den letzten 45 Jahren die CO₂-Konzentration von 310 ppm (1960) auf 365 ppm angestiegen. In der Kreidezeit, einer typischen „Greenhouse-Zeit“ (145 bis 65 Millionen Jahre vor heute) betrug der CO₂-Gehalt das Vierfache, in Spitzenzeiten möglicherweise bis das Sechsfache unseres heutigen Niveaus.

Der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre unterliegt auch ohne Zutun des Menschen starken natürlichen Schwankungen. Zum Beispiel hat allein der Ausbruch des Vulkans Pinatubo auf den Philippinen im Jahre 1991 etwa die gleiche Größenordnung an CO₂ ausgeblasen wie der Mensch global in diesem Jahr produziert hat. Diese vom

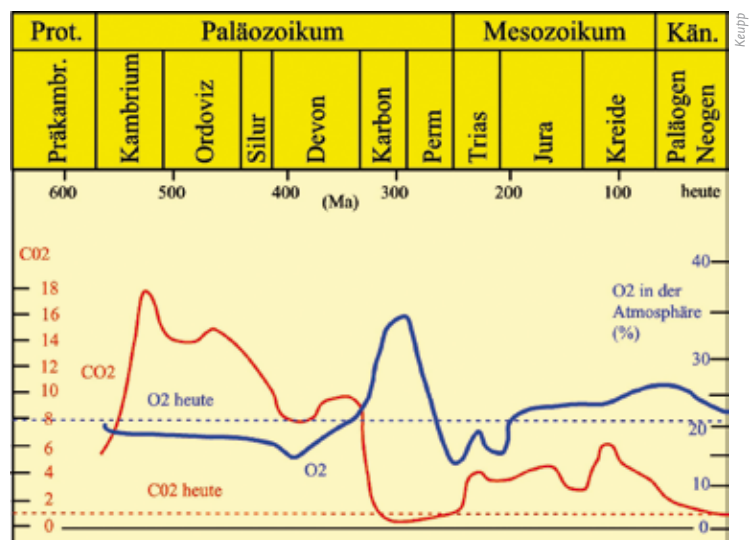
Menschen unabhängige Schwankung verhindert – wie auch das in jüngerer Zeit zunehmend in die Betrachtungen eingeschlossene Methangas – proportional die Wärmeabstrahlung der Erde und löst den Treibhauseffekt aus. Zum Ausgleich solcher Schwankungen gibt es eine Reihe von natürlichen Puffereffekten, von denen exemplarisch zwei CO₂-Senken hervorgehoben seien.

Klimarelevante Faktoren?

CO₂-Bindung durch erhöhte Photosynthese-Aktivitäten und vermehrte Biomassenproduktion: Unter diesem Aspekt ist die Hand in Hand mit der CO₂-Produktion erfolgende flächige Abholzung tropischer Regenwälder besonders bedenklich. Aufgrund des Lösungsgleichgewichts von Kalk ($\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} (\text{HCO}_3)_2^-$) bindet eine verminderte Kalkproduktion (zum Beispiel Rückgang der Korallenriffe) CO₂ in den Weltmeeren. Umgekehrt setzt erhöhte Kalkproduktion, wie etwa durch das marine Plankton in der Kreide-Zeit, wieder CO₂ frei.

Neben dem CO₂-Gehalt gibt es aber eine Reihe weiterer Faktoren, die das Klima nachhaltig beeinflussen und deren Effekte ein komplexes Zusammenspiel bewirken und sich gegenseitig verstärken oder abschwächen können. So lassen sich in geschichteten Sedimenten häufig vom Klima induzierte Hell-Dunkel-Rhythmen unterscheiden, deren metrische, geochemische und paläontologische Analysen einen klaren Zusammenhang mit den zyklisch variierenden Umlaufparametern der Erde belegen. Abweichungen in der Exzentrizität der Umlaufbahn bilden Zyklen in Zeitintervallen von 98.000, 126.000, 413.000 und 1,3 Millionen Jahren, die pendelnde Schräg-

Die CO₂- und O₂-Gehalte der Atmosphäre während der letzten 600 Millionen Jahre der Erdgeschichte (Phanerozoikum) zeigen im Vergleich mit heutigen Werten (gestrichelte Linien), dass wir in einer Phase ungewöhnlich niedriger CO₂-Werte leben, wie sie nur im Jungpaläozoikum für etwa 60 Millionen Jahre unterschritten wurde. Umgezeichnet durch M. Schudack nach Brenchley & Harper 1998.





Hell-Dunkel-Rhythmen in Mergel-Sedimenten der Unter-Kreide an der Ostküste Englands (Speeton-Clay) gehen auf Klimaschwankungen zurück, welche durch regelmäßige Oszillationen der Umlaufparameter der Erde um die Sonne (Milankovitch-Zyklen) ausgelöst werden.

stellung der Erdachse (Obliquität) bildet Zyklen von 41.000 und die Präzision der Erdachse von durchschnittlich 21.000 Jahren. Selbst der etwa elfjährige Sonnenfleckenzyklus macht sich im Klima bemerkbar.

Auch die Höhe des Meeresspiegels unterliegt beachtlichen Schwankungen. Ein Meeresspiegel-Anstieg ist zum einen bedingt durch isostatische Hochlagen des aufgewärmten Meeresbodens während plattentektonisch aktiver Phasen oder durch Abschmelzen der als Eis gebundenen Wassermassen auf Kontinenten. So lag zum Beispiel während der Kreide-Warmhouse-Zeit der Meeresspiegel mehr als 200 Meter höher als heute und überflutete große Teile der Kontinente (zum Beispiel bei uns Küstenlinie entlang dem Harz-Nordrand) und verstärkte so das ausgeglichene, feuchte Treibhausklima, während zu den Maxima der vergangenen Eiszeit der Meeresspiegel zum Teil über 150 Meter unter heutigem Niveau lag. Eng gekoppelt mit dem Meeresspiegel, aber auch bestimmt durch die jeweilige Lage von Kontinenten und Ozeanen, beeinflussen Konvektionen und Strömungen der Ozeane das Klimageschehen maßgeblich. So ist der Motor nord-süd-gerichteter Strömungssysteme durch das Temperatur- und Salinitätsgefälle sehr viel effizienter als die dominant circumäquatorialen Strömungen, wie sie während des Mesozoikums dominiert haben.

Ziehen wir ein Resümee, so wird erkennbar, dass Klimaänderungen in sich einander überlagernden Zyklen unterschiedlicher Zeitskalen ein permanent die Geschichte der Erde prägender Prozess sind, der durch ein sich gegenseitig beeinflussendes System unterschiedlicher Faktoren gestaltet wird. Er ist zugleich ein wesentlicher

exogener Einflussfaktor, der die Evolution der Organismen und mit ihr die Biodiversität steuert. Das intensive Nutzen der fossilen Energieträger und die daraus resultierende CO₂-Belastung der Atmosphäre ist nur einer von vielen Faktoren, welche das Klima bestimmen. Die Größenordnung der in den letzten 100 Jahren gemessenen Erderwärmung bewegt sich in erdgeschichtlich gewohnten Dimensionen, jedoch ist der rasche Anstieg – zumindest für die letzten 10.000 Jahre des Holozäns – einzigartig. Die Frage der Schuldzuweisung bleibt jedoch keineswegs eindeutig, auch wenn durchaus eine hohe Wahrscheinlichkeit besteht, dass die anthropogene CO₂-Produktion hier als verstärkender Faktor beteiligt ist. Eine Zurückhaltung in der CO₂-Produktion ist mit Sicherheit zur Vermeidung weiterer Kumulationseffekte geboten, sollte aber mit der nötigen Enttäuschungsprophylaxe versehen sein, wenn trotz der Anstrengungen möglicherweise die globale Erwärmung in den kommenden Jahrzehnten nicht zu stoppen sein sollte.

Resümee

Literatur

- Fischer, A.G. (1991):** Orbital Cyclicity in Mesozoic Strata. In: Eni-sele, G. Riecken, W. Seilacher, A. (eds.): Cycles and Events in Stratigraphy: 48–62; Heidelberg (Springer).
- Ganopolski, A. & Rahmsdorf, S. (2001):** rapid changes of glacial climate stimulated in a coupled climate model. *Nature*, 409: 153–158.
- Jablonski, D. (1995):** extinction in the fossil record. In: Lawton, J. H. & May, R. M. (eds.): Extinction Rates: 25–44; Oxford (Univ.-Press).
- Royer, D. L. (2006):** CO₂-forced climate thresholds during Phanerozoic. *Geochemica & Cosmochemica Acta*, 70: 5665–5675.
- Schidlowski (1981):** Die Geschichte der Erdatmosphäre. *Spektrum der Wissenschaft*, 4/1981: 16–27.

Ein' feste Burg ist unser Gott

Religion und Energie



RAINER KAMPLING

Im Jahre 2005 erschien in dem wohl zu Recht katholisch genannten Herder Verlag ein Buch, auf dessen Umschlagbild zwei ältere Männer abgebildet waren. Beide sind längst Ikonen ihrer selbst und stehen für eine eigene Sicht auf die Dinge: Jürgen Habermas und Joseph Kardinal Ratzinger, hernach Benedict XVI. Das Buch „Dialektik der Säkularisierung. Über Vernunft und Religion“ dokumentiert ein erstaunlicherweise von weitgehender einvernehmlicher Suche geprägtes Gespräch. Zugleich ist es ein deutlicher Wandel für das Verständnis von Religion in der bundesrepublikanischen Gesellschaft. Als weiteres Indiz für diese Veränderung ist unstreitig die Preisrede von Jürgen Habermas „Glaube und Wissen“ zur Verleihung des Friedenspreises des Deutschen Buchhandels 2001 anzusehen.

Nach Jahrzehnten der Vernachlässigung des Themas Religion und der Nichtbeachtung religiöser Strömungen in der intellektuellen Community der alten Bundesrepublik erlebt das Thema mittlerweile eine mediale Beachtung, wie man sie noch in den 1980er und 1990er Jahren des vergangenen Jahrhunderts nicht für möglich erachtet hätte. Gerade die intellektuelle Linke der

Bundesrepublik Deutschland begegnete diesem Thema, wenn nicht mit Verachtung, so doch mit mutiger Ignoranz. Man erinnere sich der fast treuherzigen Versuche, die islamische Revolution im Iran als nicht-religiös zu deuten, sondern sie in das Muster westeuropäischer Revolutionsmodelle zu pressen. Dass sich Religion so vehement in den Läufen der Geschichte wieder zu Worte meldete, entsprach nicht den allgemein vertretenen Entwürfen einer gesellschaftlichen Entwicklung. Letzten Endes erklärt wohl nur der kolonialistische Blick auf andere Kulturen die Unfähigkeit zu erkennen, dass unzähligen Menschen in Afrika, Asien und Amerika Religion mehr bedeutete, als mancher in der alten Bundesrepublik wahrhaben wollte. Dank der Globalisierung kann man freilich nicht mehr die Augen vor dieser Tatsache verschließen.

Der Schrecken des 11. 9. – ein Datum, dem selbst bereits quasi-religiöse Züge eignen – hat die Wahrnehmung eher verzerrt, da Religion nicht in ihrer existentiellen Bedeutung, sondern in ihrer politischen Instrumentalisierung angesichtigt wurde.

Derzeit, so kann man alles in allem konstatieren, hat Religion in Deutschland zumindest in der veröffentlichten Meinung eine wahre Omnipräsenz. Dass dieses

Hat Religion im Leben vieler Menschen wirklich eine so hohe Bedeutung?



photocase



Der 11. September: bereits ein Datum mit quasi-religiösen Zügen?

Univ.-Prof. Dr. Rainer Kampling



1953 im Münsterland geboren. Nach dem Zivildienst Studium der Katholischen Theologie, Lateinischen Philologie und Judaistik an der Universität Münster. 1983 Promotion. 1991 Habilitation. Gastprofessor für Neues Testament in Saarbrücken, seit 1992 Professor für Biblische Theologie/Neues Testament an der Freien Universität Berlin. Forschungsschwerpunkte sind Geschichte der christlichen Judenfeindschaft, Re-

zeptionsgeschichte der Bibel, Soziale Strukturen und *material culture* frühchristlicher Gemeinden. Neueste Publikationen: Rainer Kampling (Hrsg.), Eine seltsame Gefährtin. Katzen, Religion, Theologie und Theologen (Apeliotes, 1), Frankfurt am Main 2007. Erbauung. Vom Wort reden (Apeliotes, 2), Frankfurt am Main 2007.

Kontakt

Freie Universität Berlin
 Fachbereich Geschichts- und Kulturwissenschaften
 Seminar für Katholische Theologie
 Schwendener Straße 31
 14195 Berlin
 Tel.: 030 – 838 530 05
 E-Mail: kampling@zedat.fu-berlin.de

wohl auch damit zusammenhängen mag, dass das Oberhaupt der größten religiösen Gemeinschaft der Welt ein gebürtiger Deutscher ist, wird man nach den unsäglich Schlagzeilen anlässlich seiner Wahl nicht bestreiten können. Allerdings stellt sich durchaus die Frage, ob Religion im Leben von Menschen wirklich eine solche Bedeutung hat, wie es die Präsenz

**Ein' feste Burg ist unser Gott,
 ein gute Wehr und Waffen**

in allen Medien vermuten lässt. Der Umstand beispielsweise, dass Vertreter beider Konfessionen regelmäßig zu politischen Themenbereichen öffentlich Stellung nehmen, hat zunächst seinen Grund in den besonderen staatskirchenrechtlichen Regelungen der Bundesrepublik Deutschland und nicht in einem Erwachen der Religion. (Nota bene: Das Wort Staatskirchenrecht begegnet uns in anderen Sprachen als Lehnwort, da es unübersetzbar ist.) Und auch wenn es den Anschein geben mag, dass kaum noch eine Talkshow ohne einen Vertreter meist der christlichen Religion auskommt, ist damit immer noch nichts über die Relevanz dieses Themas in der gesellschaftlichen Praxis ausgesagt.

Anders formuliert: Die medienwirksame Präsenz und der reale politische Einfluss religiöser Institutionen sind nicht ungefragt als Anzeichen dafür zu werten, dass sich eine Resakralisierung oder eine breite gesellschaftliche Rückwendung zu den Religionen vollzieht. Nach der Wahl von Joseph Kardinal Ratzinger zum Papst meinte in einer Umfrage eine Vielzahl der Befragten, dass durch die Wahl die Bedeutung und Macht von Kirche und Religion steigen würden. Aber nur eine verschwindende Zahl der Befragten sagte, dass dies auf sie persönlich zutrefte. Folgt man der Shell-Jugendstudie 2006, kann man von einer Renaissance der Religion nicht sprechen: „Diese Absage an die Religion nimmt, ebenso wie der unkonventionelle Glaube an eine höhere Macht, mit dem Alter zu. Nimmt man alle verfügbaren Daten der letzten Jahre zusammen, dann zeigt sich eine im Wesentlichen unveränderte Einstellung Jugendlicher zur Religion. 65 Prozent sagen, die Kirche hätte keine Antworten auf die Fragen, die sie wirklich bewegten. Das heißt, dass an der Schnittstelle der kirchlich-religiösen Angebote zum Wertesystem und zum Leben der Jugendlichen der Einfluss der Kirchen zumeist endet.“

Man darf also durchaus skeptisch sein, ob wir derzeit wirklich von einer Restauration des Religiösen als Lebensform und Lebensnorm sprechen können oder ob es sich nicht um eine Diskrepanz zwischen der medialen Wahrnehmung und gesellschaftlicher Wirklichkeit handelt. Religiöses Leben vollzieht sich trotz aller gegenteiligen Behauptungen nicht als mediales Geschehen, sondern als Leben mit und aus Religion. Nähert man sich



der Frage nach der Kraft oder Energie durch Religion, so ist es sinnvoll, darauf zu verweisen, dass es hier nicht um die Frage von Religion als Machtfaktor gehen kann. In diesem Fall wäre Religion instrumentalisiert, um außer-

**Mit unsrer Macht ist nichts
getan, wir sind gar bald verloren**

religiöse Interessen durchzusetzen, während die religiöse Gruppe beziehungs-

weise das religiöse Individuum Religion als existentielle Lebensform ansieht und erfährt und daraus ihre Kraft zieht. Nach diesem Verständnis ereignet sich ein zirkuläres Erleben, gemäß dem die Religion je neu sich als Raum der Kraft zum Leben bewahrheitet, oder um es mit Eph 1,19 (Brief des Paulus an die Epheser) zu sagen: „... und wie überschwänglich groß seine Kraft an uns (ist), die wir glauben, weil die Macht seiner Stärke bei uns wirksam wurde.“ Damit ist nach der biblischen Tradition, mithin im jüdischen und christlichen Verständnis, zunächst eine paradoxe Situation gegeben.

Das Individuum begreift sich angesichts der Macht und Kraft Gottes als ohnmächtig und bar jeden eigenen Vermögens. In der Verwiesenheit auf Gott erkennt er oder sie die eigene Begrenztheit. Unschwer ist an dieser Stelle ersichtlich, warum die biblische Grundbotschaft in der Moderne solche Schwierigkeiten des Verstehens hat. Allerdings gründet dies unter Umständen auch darin, dass das Paradox nicht wahrgenommen wird.

Denn im Akt der Erkenntnis der eigenen Begrenztheit ereignet sich eine Entgrenzung hin auf die göttliche Macht. Indem er sich ihr anheim gibt, partizipiert der

Glaubende an ihr und findet sich in dieser Kraft vor. Allem Anschein nach formuliert Paulus in 2 Kor 12,9ff (2. Brief des Paulus an die Korinther) eine autobiographische Erfahrung: „Und er hat zu mir gesagt: Lass dir an meiner Gnade genügen; denn meine Kraft ist in den Schwachen mächtig. Darum will ich mich am allerliebsten rühmen meiner Schwachheit, damit die Kraft Christi bei mir wohne. Darum bin ich guten Mutes in Schwachheit, in Misshandlungen, in Nöten, in Verfolgungen und Ängsten, um Christi willen; denn wenn ich schwach bin, so bin ich stark.“

Nach der Bibel mündet diese Haltung in einem völligen Vertrauen auf Gott. Der 23. Psalm formuliert dieses menschliche Vertrauen in einer Bildersprache, die über Jahrhunderte hin zur festen Gebetstradition gehörte: „Der HERR ist mein Hirte, mir wird nichts mangeln. Er weidet mich auf einer grünen Aue und führet mich zum frischen Wasser. Er erquicket meine Seele. Er führet mich auf rechter Straße um seines Namens willen. Und ob ich schon wanderte im finstern Tal, fürchte ich kein Unglück; denn du bist bei mir, dein Stecken und Stab trösten mich.“ Dieses absolute menschliche Vertrauen besteht auch da, wo es völlig kontrafaktisch ist. Darin liegt die eigentliche Kraft; Psalm 38, 11 - 18: „Mein Herz erbebt, meine Kraft hat mich verlassen, und das Licht meiner Augen ist auch dahin. Meine Lieben und Freunde scheuen zurück vor meiner Plage, und meine Nächsten halten sich ferne. Die mir nach dem Leben trachten, stellen mir nach; und die mein Unglück

Ist durch die Wahl Kardinal Ratzingers die Bedeutung und Macht von Religion und Kirche gestiegen?



Giuseppe Ruggirello



Der Apostel Paulus lässt keinen Zweifel daran, dass es so etwas wie eine privatistische Haltung zu der im Glauben erfahrenen Kraft nicht gibt.

suchen, bereden, wie sie mir schaden; sie sinnen auf Trug den ganzen Tag. Ich bin wie taub und höre nicht, und wie ein Stummer, der seinen Mund nicht auftut. Ich muss sein wie einer, der nicht hört und keine Widerrede in seinem Munde hat. Aber ich harre, HERR, auf dich; du, Herr, mein Gott, wirst erhören. Denn ich denke: Dass sie sich ja nicht über mich freuen! Wenn mein Fuß wankte, würden sie sich hoch rühmen wider mich. Denn ich bin dem Fallen nahe, und mein Schmerz ist immer vor mir.“ Religion mag sich im Angesicht der Ewigkeit bewähren müssen, gelebt aber wird sie in der Gegenwart der Glaubenden. Unvermeidlich kann man mit Feuerbach genau darin die Schwäche von Religion sehen. Oder aber man kann fortiter behaupten, dass eine Religion, die nicht zu trösten vermag, nicht ihren Namen verdient.

Allerdings wäre die Kraft des Religiösen falsch verstanden, wenn man sie ausschließlich als quietistisch begreifen würde. Die *vita contemplativa* und die *vita activa* begegnen bereits als Lebensmodelle in der Bibel selbst. Denn wenn auch die Lebensabgewandtheit, das Sich-Beschränken auf das Äußerste der Existenz, eine Möglichkeit ist, so wäre es eine Verkennung der religiösen Tradition, darin den einzigen Weg zu sehen. Vielmehr lässt sich an zahlreichen biblischen Beispielen zeigen, dass die Kraft des Glaubens dazu führt, sie zu kommunizieren und tätig zu teilen.

Weder hätte das Judentum in all seiner Bedrängnis als rein quietistische Religion überleben können, noch wäre aus der Gruppe galiläischer Frauen und Männer eine Weltreligion geworden, hätten sie sich mit sich selbst begnügt. Der Apostel Paulus lässt keinen Zweifel daran, dass es so etwas wie eine privatistische Haltung zu der im Glauben erfahrenen Kraft nicht gibt. Vielmehr ist eine solche nur dann sinnvoll, wenn sie der Gemeinde in ihrer Gesamtheit dient. Paulus bestreitet nicht das Vorhandensein solcher individuellen Erfahrungen, aber er erachtet sie erst im sozialen Miteinander für relevant. Ihm gelingt damit zweierlei: Aus der individuellen Erfahrung an der Teilhabe der göttlichen *Dynamis*, Kraft, kann nicht ein individueller Machtanspruch abgeleitet werden. Selbst außergewöhnlichste Erweise dieser Kraft, wie etwa die Fähigkeit, in Verzückung zu reden, sind nur dann von Wert, wenn sie dienen. Weiterhin „demokratisiert“ er das Verständnis religiöser Kraft, indem er auch alltägliche Fähigkeiten wie die Beherbergung von Gästen als Ausweis dieser Kraft deutet. Nach paulinischem Verständnis sind die dem Glaubenden eigene Kraft und Macht nie zur eigenen Verfügung gegeben, sondern immer geschenkwiese von Gott für alle. Mit guten historischen Gründen kann man annehmen, dass die Diskrepanz zwischen Praxis und Theorie in den paulinischen Gemeinden gering war, es also gelang, diesen Spagat auszuhalten.

Völliges Vertrauen auf Gott: Der Apostel Paulus beim Schreiben.
Aus einer Handschrift der Paulusbriefe, frühes 9. Jahrhundert.



An den biblischen Grundlagen hat sich das Verständnis im christlichen Kontext zu bewähren. Dass dies im Laufe der Geschichte keineswegs immer so war, ist evident und bedarf keiner weiteren Begründung. Zu offensichtlich ist die Anfälligkeit dafür, aus religiöser Kraft politische Macht zu machen, statt auf Gott und auf sich selber zu vertrauen. Dennoch ist durch die Jahrhunderte immer das kritische Potenzial des biblischen Verständnisses von religiöser Kraft präsent gewesen, nicht zuletzt in der Mystik. Die Kraft zum Leben ist nicht selbstgemacht, sondern gegeben. Mit ihr im Sinne Gottes und zur Wohlfahrt anderer Menschen umzugehen, ist die Aufgabe des Lebens in dieser Kraft.

Dass dieses Leben auch immer ein gefährdetes ist, kann wohl nur übersehen, wer nicht darum weiß, dass das, was man gemeinhin Glück nennt, nicht Teil des religiösen Lebens ist. Die vielfache Besprechung des Religiösen in der medialen Öffentlichkeit ist notwendig mit der Gefahr der Trivialisierung verbunden. Bestimmt kann man nicht leugnen, dass in der europäischen Geschichte Religion oftmals mit ökonomischen Interessen verbunden war. Doch angesichts des Konsumismus auf dem Gebiet der Religionen, den vielfältigen Angeboten jeglicher Art – Berlin ist auch hier ein Spitzenreiter – verblasst der Ablasshandel völlig. Piero Paolo Pasolinis Analyse des Konsumismus, der Beliebigkeit an die Stelle von Kultur setzt, trifft

Das Wort sie sollen lassen stahn und kein'n Dank dazu haben

giösen in der medialen Öffentlichkeit ist notwendig mit der Gefahr der Trivialisierung verbunden.

Bestimmt kann man nicht leugnen, dass in der europäischen Geschichte Religion oftmals mit ökonomischen Interessen verbunden war. Doch angesichts des Konsumismus auf dem Gebiet der Religionen, den vielfältigen Angeboten jeglicher Art – Berlin ist auch hier ein Spitzenreiter – verblasst der Ablasshandel völlig. Piero Paolo Pasolinis Analyse des Konsumismus, der Beliebigkeit an die Stelle von Kultur setzt, trifft

weitgehend auch die Situation des Religiösen. Zweifelsohne ist die Zeit der Volkskirche mit ihren eigenen soziokulturellen Milieus vorbei. Zugleich verschwand aber offensichtlich damit auch ein Konsens darüber, was Religion und religiöses Leben bedeuten.

Man wird es einem Theologen nicht verübeln, wenn er der Meinung ist, dass die Substanz des Religiösen dadurch verloren geht, dass sie zu einem austauschbaren Konsumgut wird. Dann sollte man nicht mehr von „Religion auf dem Markt“ sprechen, sondern von Religion im Supermarkt. Wenn Religion Teil eines Wellness-Programms wird, man durch religiöse Übungen meint, „Energie tanken“ zu können, dann ist das ohne Zweifel für einen Theologen eher Besorgnis als Hoffnung erweckend. Denn Religion wird somit zu einem Placebo statt zu dem, was sie eigentlich vermag, nämlich dazu zu verhelfen, das Leben anzunehmen und zu gestalten.

Literatur

- P. L. Berger:** Sehnsucht nach Sinn. Glauben in einer Zeit der Leichtgläubigkeit, Frankfurt 1994.
- M. Blum:** Die Vita activa als Kontemplation, in: ders./R. Kampling (Hrsg.), Grenzen und Wege, Berlin 2000, S. 31–40.
- J. Habermas:** Glauben und Wissen, Frankfurt 2001.
- R. Kampling:** Was bleibt ... Randbemerkungen zur Relevanz der Kirche, in: P. U. Hein / H. Reese (Hrsg.), Kultur und Gesellschaft der Bundesrepublik Deutschland (FS Arno Klönne), Frankfurt 1996, S. 207–214.
- P. P. Pasolini:** Freibeuterschriften. Die Zerstörung der Kultur des Einzelnen durch die Konsumgesellschaft (Neu hrsg. von Peter Kammerer) Berlin 1998.

Wird Religion zum austauschbaren Konsumgut?



photocase



Wir freuen uns auf Sie

Ernst Reuter (1889–1953) hatte als Oberbürgermeister von Berlin ab 1950 Regierender Bürgermeister) entscheidenden Anteil an der Gründung der Freien Universität Berlin, die am 4. Dezember 1948 im Titania-Palast in Steglitz gefeiert wurde. Immer wieder regte er an, einen Förderverein ins Leben zu rufen. Sein Wunsch wurde nach seinem Tod als Vermächtnis verstanden und am 27. Januar 1954 in die Tat umgesetzt. In der ERG treffen sich seit über 50 Jahren Studierende, Absolventen, Freunde, Förderer und ehemalige Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen.

Im Rahmen Ihrer Mitgliedschaft in der ERG erhalten Sie

1. Einladungen zu Veranstaltungen der ERG und der FU
2. Vollaccount mit Zugang zur e-Bibliothek und E-Mail-Adresse über die ZEDAT
3. Ermäßigungen für Veranstaltungen (*Collegium Musicum* und *Lange Nacht der Wissenschaften*)
4. Ermäßigung für die GasthörerCard
5. Mitarbeitertarif beim Hochschulsport
6. Ermäßigung für Weiterbildungsangebote
7. Mitarbeitertarif in der Mensa
8. Magazin WIR für die Ehemaligen
9. auf Wunsch Zusendung der FU-Tagesspiegelbeilage und des Wissenschaftsmagazins *fundiert*
10. als Absolvent 3 Jahre Unterstützung durch den CareerService (www.fu-berlin.de/career)
11. Ermäßigung für das Berliner Kabarett Theater *Die Wühlmäuse*

Sie sind herzlich eingeladen, sich über die Arbeit des Fördervereins zu informieren. Die ERG widmet sich verstärkt der Kontaktpflege zu den Ehemaligen der Freien Universität Berlin. Als Mitglied können Sie über Fachgrenzen und Studienzeit hinaus an Leben, Arbeit und Entwicklung der Freien Universität teilnehmen. Die ERG ist als gemeinnütziger Verein anerkannt. Spenden und Mitgliedsbeiträge sind steuerlich absetzbar.

Berliner Sparkasse, BLZ 100 500 00 · Kto. 101 00 101 11
Mitgliedsbeiträge und Spenden

Berliner Sparkasse, BLZ 100 500 00 · Kto. 101 01 523 58
Stifterfonds Ernst-Reuter-Stipendienprogramm

Unsere Aktivitäten

- Verleihung der Ernst-Reuter-Preise
- Verleihung der Ernst-Reuter-Stipendien
- Unterstützung der Jubiläumsfeiern Silberne und Goldene Promotion
- Fundraising für den Stifterfonds des Ernst-Reuter-Stipendienprogramms
- Reuterianer-Forum
- Druckkostenzuschüsse zu Dissertationen
- Unterstützung von wissenschaftlichen Projekten
- Verwaltung von 2000 Mitgliedern
- Verwaltung von fachbereichsbezogenen Kapiteln
- Drittmittelverwaltung zweckgebundener Zuwendungen
- Gesellschafter der ERG Universitätsservice GmbH
- Herstellung von Kontakten zu Absolventen mit dem Ziel der Netzwerkbildung

ANTRAG AUF MITGLIEDSCHAFT

Ich möchte der Ernst-Reuter-Gesellschaft der Freunde, Förderer & Ehemaligen der Freien Universität Berlin e. V. beitreten (bitte ankreuzen):

☐ Mitgliedschaft / normal
(Mindestbeitrag 50,00 €/Jahr)

☐ Mitgliedschaft / ermäßigt
(Mindestbeitrag 10,00 €/Jahr für Studierende und Ehemalige einschließlich der ersten drei Jahre nach Exmatrikulation, bitte Nachweis beilegen)

☐ Institution / Firma
(Mindestbeitrag 150,00 €/Jahr)

☐ Fördermitgliedschaft
Ich bin bereit, statt des Mindestbeitrags von 50,00 € eine jährliche Spende von _____ zu zahlen.

☐ Ich möchte dem Kapitel _____ zugeordnet werden (optional)

GESCHÄFTSSTELLE:

Die Ernst-Reuter-Gesellschaft
der Freunde, Förderer und Ehemaligen
der Freien Universität Berlin e. V.
Kaiserswerther Str. 16 – 18 · 14195 Berlin
Telefon Büro des Vorstandes: 030 – 838 570 38
Irma Indorf irma.indorf@fu-berlin.de
Telefon Mitgliederverwaltung und Finanzen: 030 – 838 530 77
Sylvia Fingerle-Ndoye erg@fu-berlin.de
Fax 030 – 838 530 78
www.fu-berlin.de/alumni/erg

Hiermit beantrage ich die Mitgliedschaft in der Ernst-Reuter-Gesellschaft

Vorname _____ Name _____ E-Mail _____

Geburtsdatum _____ Akad. Grad/Titel/Funktion _____ Beruf/Position _____

Straße _____ PLZ, Ort _____ Telefon/Fax _____

Ich habe an der FU studiert von–bis _____

Ich war an der FU tätig von–bis _____

Ich möchte die FU-Tagespiegelbeilage per Postversand ☐ ja ☐ nein
(www.fu-berlin.de/presse/publikationen/tsbeilage.html)

Ich möchte das Wissenschaftsmagazin *fundiert* per Postversand ☐ ja ☐ nein
(www.efjenbeinturm.net/fundiert)

Ich bin einverstanden, dass die Angaben zu Vereinszwecken in einer rechnergestützten Adressdatei gespeichert werden. Alle Angaben sind freiwillig.

Hiermit ermächtige ich Sie widerruflich, die zu entrichtenden Zahlungen bei Fälligkeit zu Lasten des Kontos

Kontoinhaber _____

Kontonummer _____ BLZ _____ Geldinstitut mit Ortsangabe _____

durch Lastschrift einzuziehen.

Datum _____

Unterschrift _____





Wer sparen will, muss investieren

Energiemanagement an der Freien Universität Berlin

Klimaschutz ist seit der Vorlage des Klimaberichts der Vereinten Nationen im Februar 2007 in aller Munde. Die Freie Universität Berlin widmet sich als international ausgerichtete Universität seit vielen Jahren dem Thema Klimaschutz – und zwar nicht nur in Forschung und Lehre. Auch in ihrem Gebäudemanagement räumt sie dem Klimaschutz eine hohe Bedeutung ein, indem sie ein fest institutionalisiertes Energiemanagement eingerichtet hat – mit positiven Folgen für die Umwelt und die Finanzen der Freien Universität.

Das betriebliche Energie- und Umweltmanagement der Freien Universität orientiert sich an den Normen der weltweit gültigen DIN EN ISO 14001 und dem europäischen Umweltaudit EMAS. Es wird jährlich durch externe Gutachter überprüft und zertifiziert. Beide Normensysteme fördern einen stetigen Verbesserungsprozess. Ihre wichtigsten Bausteine sind:

- ▶ betriebliche Umweltleitlinien im Sinne einer Selbstverpflichtung einzurichten,
- ▶ ein Umweltinformationssystem zu pflegen,
- ▶ Programme zur Entlastung der Umwelt zu entwickeln und umzusetzen,
- ▶ ein regelmäßiges Controlling zu gewährleisten wie interne und externe Audits oder jährliche Umweltberichte,
- ▶ die Einhaltung der einschlägigen gesetzlichen Regelungen sichtbar zu machen,
- ▶ ein umweltbezogenes Schulungswesen einzurichten
- ▶ und eindeutige, in einem Umwelthandbuch dokumentierte Zuständigkeiten und Abläufe einzurichten.

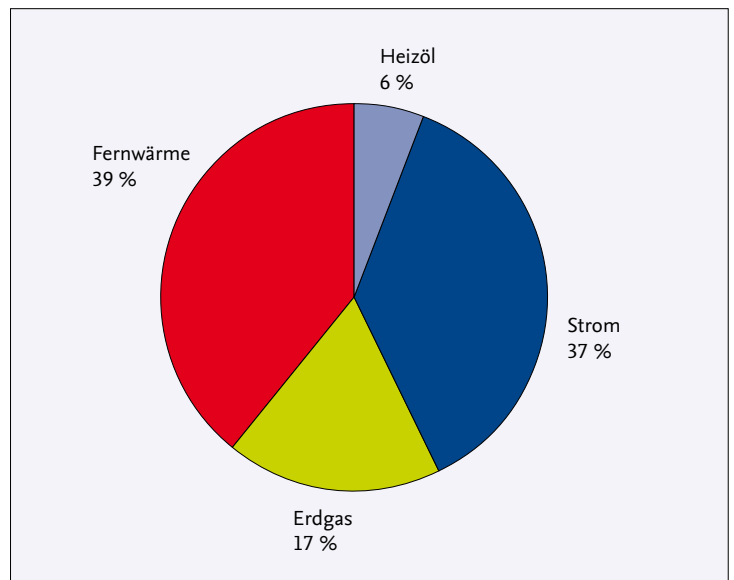
Innerhalb des Umweltmanagements der Freien Universität hat das Energiemanagement wegen seiner hohen ökonomischen und ökologischen Bedeutung eine Schlüsselrolle, deren Stellenwert folgende Zahlen verdeutlichen: 2006 benötigte die Freie Universität für ihre rund 200 Liegenschaften etwa 125 Millionen Kilowattstunden Strom und Wärme. Dabei ist der Anteil an Fernwärme vergleichsweise hoch: rund 50 Millionen Kilowattstunden beziehungsweise fast 40 Prozent. Fernwärme wird in Berlin mit Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt und ist somit ökologisch vorteilhaft. Mit einem Anteil von 37 Prozent (rund 47 Millionen Kilowattstunden) an der Energiebilanz folgt Strom. Erdgas hatte 2006 einen Anteil von 17 Prozent am Endenergieverbrauch, gefolgt von Heizöl mit knapp über 6 Prozent (siehe nebenstehende Abbildungen).

2005 und 2006 stiegen die Preise für Erdgas und Heizöl drastisch. Seit Beginn dieses Jahres ist eine Preissteigerung von 17 Prozent für Strom zu verzeichnen. Aufgrund dieser Preissteigerungen kommt dem verbesserten Einsatz von Energie eine deutliche finanzielle Bedeutung zu. Bereits heute ist abzusehen, dass der schon 2006 hohe Kostenanteil von Strom (55 Prozent) in diesem Jahr noch einmal deutlich steigen wird. Insgesamt entstanden im vergangenen Jahr für Energiekosten von rund 9,25 Millionen Euro.

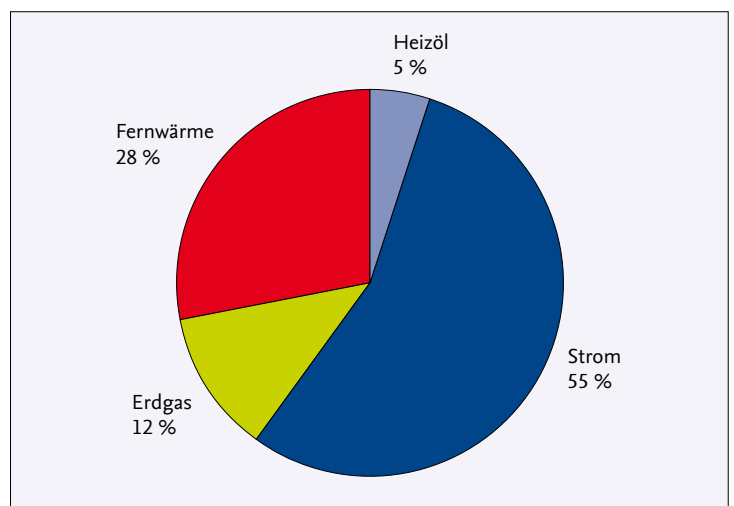
Ein eigenes betriebliches Energie- und Umweltmanagement wurde an der Freien Universität 2001 etabliert. Zu den wichtigen Aufgaben gehören ein Informationssystem für mehr Verbrauchs- und Kostentransparenz, die regelmäßige Kontrolle des Energieverbrauchs in Gebäuden sowie Programme, die den Einsatz von Energie optimieren, die Energiekosten

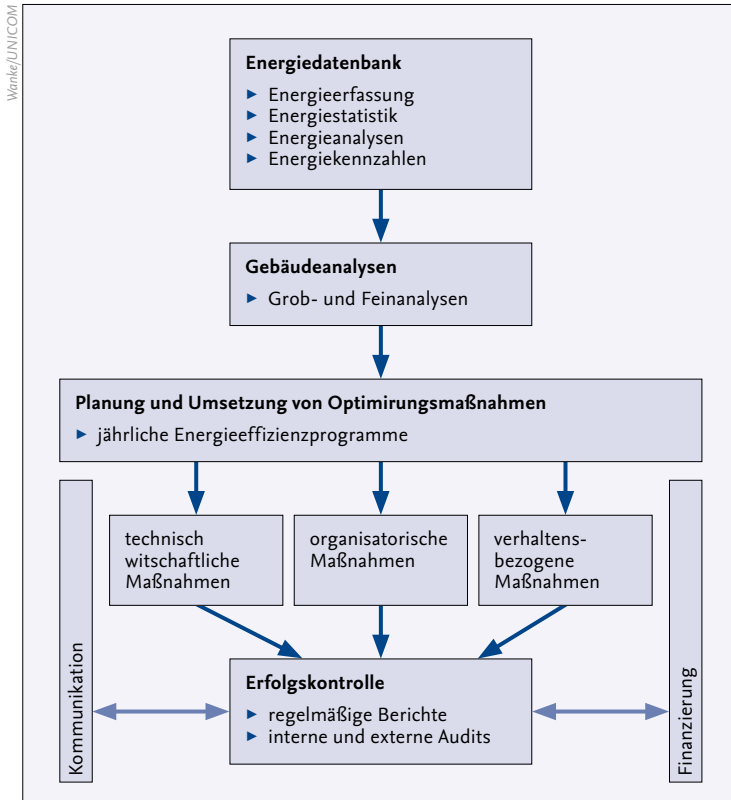
Ziele und Aufbau des betrieblichen Energiemanagements

Energieeinsatz 2006 (124,9 Millionen Kilowattstunden).



Energiekosten 2006 (9,25 Millionen Euro).





Bausteine des Energiemanagements an der Freien Universität Berlin.

Andreas Wanke



Geboren 1961. Studium der Politikwissenschaft an der Freien Universität. 1990 Abschluss als Diplom Politologe. Danach bis 2001 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der von Prof. Dr. Martin Jänicke geleiteten Forschungsstelle für Umweltpolitik (FFU) am Fachbereich Politik- und Sozialwissenschaft der Freien Universität. Von 1998 bis 2001 Mitglied des Vorstands der FFU, Projektleitung unterschiedlicher Drittmittelprojekte, zuletzt eines Projekts zum Aufbau eines betrieblichen Energiemanagements in mittelständischen Unternehmen. Seit September 2001 Energie- und Umweltbeauftragter der Freien Universität in der technischen Abteilung. Seit 2003 Mitglied des Energiebeirats des Landes Berlin.

Kontakt

Freie Universität Berlin
Technische Abteilung
Leiter des Arbeitsbereichs
Energie- und Umweltmanagement
Tel.: 030-838 522 54
Fax: 030-838 522 73
E-Mail: andreas.wanke@fu-berlin.de

senken und die energiebedingte Umweltbelastung reduzieren helfen.

Energiemanagement ist eine klassische Querschnittsaufgabe. Zu den Schnittpunkten zählen die Betriebsführung der technischen Anlagen, die Bauplanung und Baudurchführung, das Beschaffungs- sowie das Flächenmanagement. Im Grunde ist Energiemanagement eine Aufgabe, die alle Angehörigen der Freien Universität angeht, denn deren Handeln hat unmittelbar Auswirkungen auf den Energieverbrauch. Kommunikative und organisatorische Aufgaben haben deshalb im betrieblichen Energiemanagement ein hohes Gewicht.

Untersuchungen von Programmen für Energieeffizienz ergeben häufig, dass Probleme bei der Umsetzung weniger technisch-wirtschaftliche Gründe haben, sondern zurückzuführen sind auf Informationsdefizite, Kommunikationsblockaden, Schwierigkeiten bei innerbetrieblichen Abstimmungen sowie ineffiziente organisatorische Strukturen und Abläufe. Um solche Hindernisse nicht aufkommen zu lassen, ist es entscheidend, Energiemanagement organisatorisch als Integrations- und Führungsaufgabe zu verankern.

Herausforderungen bei Programmen für Energieeffizienz

Das betriebliche Energiemanagement wurde deshalb 2001 in der Universitätsverwaltung der Freien Universität als Stabsstelle der Technischen Abteilung verankert. 2002 folgte auf oberer Leitungsebene die Arbeitsgemeinschaft Energie und Umwelt. Weitere wichtige Schritte bei der Etablierung des Energiemanagements waren ein sogenanntes Intracting, mit der die Re-Investition der jährlichen Kostensenkungen in weitere Effizienzmaßnahmen vereinbart wurde, und die bereits erwähnte Einbettung in das zertifizierte Umweltmanagementsystem (Abbildung oben).

Kernstück des Energiemanagements sind seit 2003 die jährlichen Programme für Energieeffizienz. Die Programme konzentrieren sich auf wirtschaftlich besonders aussichtsreiche Sparpotenziale und setzen auf die Verbesserung von Anlagentechnik, Bausubstanz und Organisation. Die Maßnahmen umfassen folgende Ansätze:

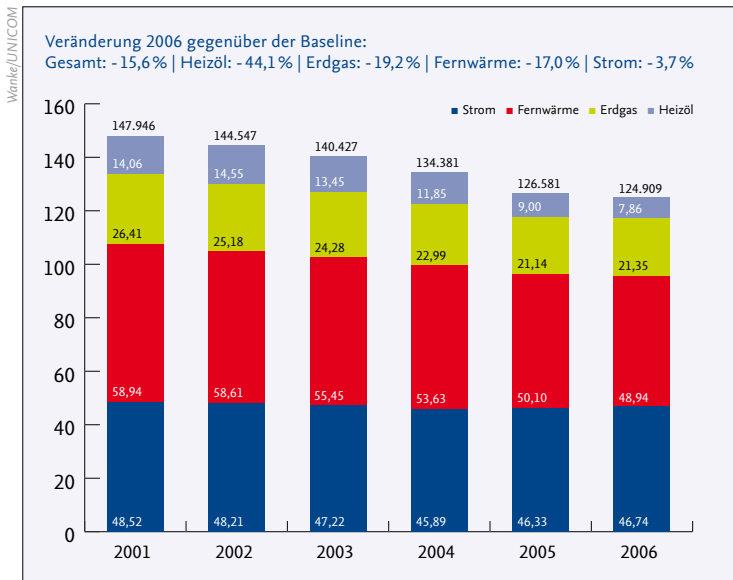
Jährliche Programme für Energieeffizienz

- ▶ Verringerung des Energieverbrauchs bei Heizung, Lüftung und Klimatisierung,
- ▶ Umstellung von Ölheizungen auf hocheffiziente Brennwerttechnik auf Erdgas-Basis.
- ▶ Beseitigung von Schwächen in der Gebäudehülle (etwa durch verbesserte Wärmedämmung und Fenster-sanierung),
- ▶ Einsatz von energieeffizienter Querschnittstechnik (wie Heizungspumpen, Elektromotoren und Ventilatoren),

- ▶ jährliche Berichte der Fachbereiche, Zentraleinrichtungen und Zentralinstitute über ihre Maßnahmen zum Energiesparen, jeweils zum 30. September,
- ▶ kontinuierliche Information (Dreimonatsberichte vom Arbeitsbereich Energie- und Umweltmanagement) zur Entwicklung des Energieverbrauchs in den Gebäuden,
- ▶ Jahresabrechnungen bis Ende März des Folgejahres,
- ▶ Unterstützung durch die Technische Abteilung in Form von Begehungen, Checklisten, Beratung und regelungstechnischen Verbesserungen (Lüftungs- und Kälteanlagen),
- ▶ breite Kommunikation der Erfolge im Energiesparen.

Prämiensystem zum Energiesparen

88 | Freie Universität Berlin



Energieeinsatz an der Freien Universität von 2000/2001 – 2006. Endenergie in Megawattstunden nach Energieträgern (ohne ZE BGBM und Humanmedizin).

Mit dem Prämiensystem können Fachbereiche und Institute künftig finanzielle Vorteile erlangen, indem sie beispielsweise einen bedarfsgerechten Betrieb ihrer Lüftungsanlagen, PC-Pools, Büro- oder Laborgeräte sicherstellen, unnötigen Stand-by-Betrieb vermeiden oder das Beheizen und Kühlen von ungenutzten Seminar- und Büroräumen drosseln. Zugleich soll das Prämiensystem Anreize bieten, bei der Beschaffung von EDV- und Laborgeräten oder der Festlegung des Flächenbedarfs verstärkt den Energieverbrauch und dessen Kosten zu berücksichtigen.

Bei einem geschätzten Potenzial von 10 bis 15 Prozent geht es an der Freien Universität immerhin um ein jährliches Volumen von etwa 0,9 bis 1,5 Millionen Euro. Das

Prämiensystem ist zunächst auf eine Dauer von drei Jahren angelegt. Für ein fundiertes Urteil über das Prämiensystem ist es noch zu früh. Ein Blick auf die Entwicklung des Energieverbrauchs im ersten Quartal 2007 zeigt jedoch erfreuliche Tendenzen. Der Stromverbrauch ist in nahezu allen Liegenschaften deutlich zurückgegangen; universitätsweit ist er in den ersten drei Monaten gegenüber den Vorjahreswerten um 6,5 bis 7,2 Prozent gesunken. Solch hohe Rückgänge über einen längeren Zeitraum waren in den letzten fünf Jahren nicht zu verzeichnen, sodass hier eine erste Wirkung des Prämiensystems unterstellt werden kann. Es ist anzunehmen, dass die Energiepreise weiter steigen werden, und angesichts des Klimaschutzes kommt dem sparsamen Verbrauch von Energie höchste Bedeutung zu. So wird die Modernisierung der Technik und der Bausubstanz

Ausblick

der rund 200 Institutsgebäude auch künftig zu den festen Aufgaben der Technischen Abteilung gehören. Für das Jahr 2007 plant sie das fünfte Effizienzprogramm der Freien Universität, mit dem mindestens weitere drei Millionen Kilowattstunden Strom und Wärme eingespart werden sollen. Mit diesem Programm wird die Modernisierung der Anlagen- und Regelungstechnik der Heizungsanlagen nahezu abgeschlossen sein. Sollten sich die sichtbar gewordenen Erfolge des Prämiensystems bestätigen, wird das Prämiensystem zum Dreh- und Angelpunkt für Optimierungen in der Betriebsorganisation. Darüber hinaus stehen in den kommenden Jahren weitere Aufgaben an – wie die Stromsenkung bei EDV-, Lüftungs- und Beleuchtungsanlagen, die Online-Erfassung des Energieverbrauchs einzelner Gebäude und die vertiefte interne Kommunikation über Energie und Einsparpotenziale.

Modernisierte Heizzentrale in der Koserstraße 20. Hier forschen unter anderem Veterinärmediziner und Kunsthistoriker.



IT fürs Vieh

Veterinärmedizin fährt die Rechner runter



MANFRED SOMMERER

Der Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen ist eine gesellschaftliche Aufgabe und integraler Bestandteil der Leitlinie der Freien Universität Berlin. Die ökologischen Bedingungen und Optionen einer nachhaltigen Entwicklung sind seit Jahren in Forschung und Lehre fest verankert. Umweltmanagement optimiert den Einsatz von Strom, Wärme und anderen Ressourcen. Umweltmanagementsysteme wie das europäische Umweltmanagementsystem EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) schaffen die Voraussetzungen dafür, diese Handlungspotenziale in öffentlichen Einrichtungen zu nutzen. Durch steigende Energiepreise und die kontinuierlich steigende Zahl an Computern und Servern hatte das Thema Energie bereits Ende 2004 in der IT-Abteilung des Fachbereichs Veterinärmedizin der Freien Universität Eingang gefunden.

Seit Mitte 2005 gehört die Freie Universität Berlin mit ihrem von den Tiermedizinern genutzten Standort Döberitz zu der überschaubaren Anzahl deutscher Universitäten, deren Umweltmanagementsystem nach der weltweit gültigen Richtlinie DIN EN ISO 14001 und der europäischen Öko-Audit-Verordnung (EMAS) zertifiziert ist. Zunächst war der Energiebereich Schwerpunkt der investiven Maßnahmen zur Umweltentlastung – doch dann stand die Informationstechnologie im Fokus des Interesses.

Der Fachbereich startete mit Unterstützung des Präsidiums ein weltweit einmaliges Pilotprojekt zur Reduzierung der Energiekosten und zur Verbesserung des Computermanagements. Zudem wurde ein Projekt ins Leben gerufen, in dem die Möglichkeiten, den Strombedarf der Server zu reduzieren, erforscht und umgesetzt werden sollen.

Laut des Vorstandes des Bundesverbandes der deutschen Verbraucherzentralen muss neben der Automobil- und der Flugzeugbranche auch die Computer- und Telekommunikationsbranche ihren Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz leisten. Viele Computer, Bildschirme, Server, Drucker und Handys verbrauchen nämlich unnötig Strom. Laut einer Studie des Umweltbundesamtes verschwenden deutsche Haushalte jährlich allein durch den bei Elektrogeräten üblichen Stand-by-Modus 3,3 Milliarden Euro im Jahr – das sind fast 100 Euro je Haushalt. Ist etwa ein Computer täglich acht Stunden in Betrieb, verursacht er Stromkosten von bis zu 200 Euro im Jahr. Dabei werden meist nur etwa 30 Prozent des Strombedarfs während der Arbeit verbraucht. 70 Prozent gehen ungenutzt verloren, weil der Rechner nicht ausgeschaltet wird oder die Netzteile unter Strom stehen. Der Stand-by-Betrieb von Elektrogeräten beläuft sich auf jährlich 2.000 Megawatt. Nach Ansicht von Renate Künast, Fraktionsvorsitzende von Bündnis 90/Die Grünen, könnten durch ein Verbot des Stand-by-Betriebs zwei Atomkraftwerke abgeschaltet werden. „Aus muss auch wirklich aus sein!“ – mit diesem Slogan fordert das Umweltbundesamt Hardware-Hersteller dazu auf, ihre Geräte künftig so auszustatten, dass sie im ausgeschalteten Zustand tatsächlich keinen Strom verbrauchen.

Der Fachbereich Veterinärmedizin ergriff die Initiative und untersuchte, wo im IT-Bereich Einsparpotenziale schlummerten. Mit der Zusammenführung aller Computer des Fachbereichs in eine einheitliche Windowsumgebung konnte die zentrale Administration vor vier Jahren erstmals die Laufzeiten der Rechner am Fachbereich ermitteln. Es sollte geklärt werden, in wie weit die Computer-Laufzeiten von den tatsächlichen Nutzungszeiten abweichen und welche

**3,3 Milliarden Euro
Verschwendung**

Einsparpotenziale

Netzwerkknoten benötigen vor allem eins: Energie.



UNICOM

	Energieverbrauch [W]	ACPI-Global-/Schlafzustand	APM
■	> 50	G0(S0): working	normal condition
■	< 30	G1(S1): low wake up	stand-by
		G1(S2): S1 + CPU/cache context lost	
■	< 5	G1(S3): save to RAM (STR-Modus)	
		G1(S4): save to disk (Hibernating/Ruhe)	
■	ca. 2	G2(S5): soft off	suspend (soft off)
■	0	G3: mechanic off	hard off

Zusammenhang von Energieverbrauch und ACPI/APM-Zuständen von Computern.

Dr. Manfred Sommerer



1963 in München geboren. Studium der Tiermedizin an der Freien Universität Berlin. Abschluss 1990. Die Notwendigkeit, chemische Formeln in die Dissertation zu integrieren, sorgten für einen Einstieg in die Welt der Computer. In vielen Projekten konnte Manfred Sommerer seine Arbeit als ausgebildeter Tiermediziner mit der Arbeit verschiedener Programmierer verbinden und den Weg in die Informationstechnologie beschreiten. Drei Jahre später erlangte er dadurch den Titel „Fachtierarzt für Informationstechnologie in der Tiermedizin“. Als erster „Vollzeit-IT-Verantwortlicher“ der Freien Universität entwickelt er seit 2003 die zentralen Bestrebungen eines „geregelten“ Einsatzes von Konzepten die durch Informationstechnologien gestützt werden, das IT-Management erleichtern, den Einrichtungen zusätzlichen Service bieten, Arbeitsabläufe vereinfachen und Ausgaben reduzieren.

Kontakt

Freie Universität Berlin
 Fachbereich Veterinärmedizin
 Standort Düppel
 Oertzenweg 19 b
 14163 Berlin
 Tel.: 030 – 838 625 02
 Fax: 030 – 838 625 04
 E-Mail: it-verantwortlicher@vetmed.fu-berlin.de
 Homepage: www.vetmed.fu-berlin.de/itv

Umweltbelastung durch ungenutzte Laufzeiten entstehen. Die beobachteten Anmeldezeiten ergaben, dass die Laufzeiten weit über den zu erwartenden Arbeitszeiten lagen. Der Spitzenreiter hatte seinen Rechner 42 Tage ununterbrochen am Stromnetz. Leider ist die Neigung, das Betriebssystem herunterzufahren und den Rechner wirklich auszuschalten, auch bei mehrstündiger Abwesenheit gering.

Auch ein an alle Mitarbeiter gerichtetes Rundschreiben des Präsidenten der Freien Universität Berlin, in dem Anfang 2006 empfohlen wurde, den Computer und seine Peripherie bei über 60-minütiger Abwesenheit auszuschalten, hatte keinen Einfluss auf das Nutzerverhalten. Ein Grund dafür: die mehrminütige Wartezeit, die beim Ein- und Ausschalten entsteht. Da sich diese „Zeitverluste“ in bestimmten Fällen auch zu beachtlichen Werten summieren können, muss individuell abgewägt und die Ausschaltzeiten optimal angepasst werden. Während die Pausen in der Verwaltung meist relativ kurz sind, sieht es beim wissenschaftlichen Personal ganz anders aus – gerade wenn Mitarbeiter oder Doktoranden mehrere Stunden im Labor oder an

Stand-by

anderer Stelle arbeiten. Die ursprünglich als Vorteil gedachte Stand-by-Funktion, mit der ein Rechner mittels einer Netzkarte „aus dem Schlaf aufgeweckt“ werden kann, um an ihm Managementaufgaben wie Updates außerhalb der Dienstzeit auszuführen, erwies sich in vielen Bereichen als Nachteil. Sie wird im Privatbereich und im Büroalltag nicht benötigt, und muss trotzdem durch permanenten Strombedarf unfreiwillig in Kauf genommen werden. Stand-by ist auch nicht gleich Stand-by: Nicht alles, was von den Herstellern angeboten wird, lässt sich auch in geeigneter Weise umsetzen. Die oben stehende Tabelle gibt eine Übersicht über die derzeit üblichen zwei Standards; das ältere auch vom Fernseher bekannte Advanced Power Management (APM) und das neuere Advanced Configuration and Power Interface (ACPI).

Ideal wäre es, ließen sich alle Systeme in den Ruhezustand (Hibernatingmode) schalten, da dieser besonders wenig Strom verbraucht. Das Betriebssystem „merkt sich“ seinen Zustand auf der Festplatte und schaltet anschließend den Computer in den sogenannten Soft-Off-Zustand. Ein folgender Neustart ginge schneller vonstatten als ein normales „Hochfahren“, und auf dem Monitor erschien das, was sich das Betriebssystem „gemerkt“ hat. War der Monitor gesperrt, müsste er von dem Nutzer, der zuletzt an diesem Arbeitsplatz tätig war, auch wieder freigeschaltet werden. Leider funktioniert dies häufig nur mit neuerer Hardware, optimalen Treibern und geeigneter Software. Treffen diese Vorgaben nicht zu, kommt es nach dem „Wiederaufwachen“ häu-



fig zum Einfrieren des Systems, Abstürzen oder anderem „seltsamen“ Systemverhalten. Zudem kann der tatsächliche Energieverbrauch trotz Ruhezustand relativ hoch liegen, beispielsweise wenn die Software während des „Schlafens legens“ des Rechners auf ein Netzwerk zugreift und diese Verbindung unbemerkt aufrechterhält. Da der Managementaufwand, mit dem Störungen vermieden werden können, sehr hoch ist und die betriebssinternen Möglichkeiten des Energiemanagements zum Beispiel nur bedingt für das zeitnahe „Ausschalten“ des Monitors zu nutzen sind, erwiesen sich diese Möglichkeiten für die Administration heterogener Umgebungen als nur bedingt geeignet.

Wenn nur vier Stunden am PC gearbeitet wird, der Rechner aber 24 Stunden läuft, entstehen bei einem Energiebedarf von 100 Watt pro Stunde im Lauf ohne Nutzertätigkeit und 5 Watt pro Stunde im Stand-by, Betriebskosten in Höhe von 113,88 Euro. 99,58 Euro ließen sich

Analyse

durch eine Verbesserung des Nutzerverhaltens erzielen, wenn der Rechner bei Nichtnutzung ausgeschaltet wird. Würde das System zusätzlich vollständig vom Stromnetz getrennt, ergäbe sich durch die Kopplung beider Maßnahmen ein jährliches Einspar-Potenzial von 102,44 Euro für jeden Rechner. Je nach Nutzerverhalten und eingesetztem Computer beziehungsweise Betriebssystem verschieben sich die Einspareffekte. Auch das Alter der Hardware spielt eine Rolle. Gerade der Stand-by-Bedarf älterer PC-Systeme kann deutlich höher liegen und so deutlich höhere Kosten verursachen. Sichere Aufklärung bringt hier nur das exakte Messen mit geeigneten Geräten. Verschiedene Untersuchungen ergaben, dass bis zu 30 Prozent der Rechner in Organisationen auch über Nacht und in der Urlaubszeit nicht heruntergefahren werden. Eine komplette Netztrennung erfolgt praktisch nie. Die Beobachtung am Fachbereich Veterinärmedizin ergab einen Wert von etwa 15 Prozent. Damit verursachen etwa 100 Computer, eine unnötige Kostenbelastung von annähernd 10.000 Euro im Jahr – selbst ohne Monitor und Peripherie. Da vielen Mitarbeitern die Bedeutung für die Umwelt und die Kosten nicht bewusst ist, und sich die system-

IT-Abteilung	
Home » Projekte » PC-Management » Energiekostenrechner	
Ergebnis der Berechnung	
Aktuelle durch den Rechner verursachte Kosten	
Bei dem von Ihnen eingegebenen Nutzungsprofil errechnen sich die folgenden Kosten pro Jahr für Ihren Arbeitsplatz (in €):	
Kosten während aktiver Benutzung	11,44 Euro
Kosten während ungenutzter Zeit	102,44 Euro
Kosten durch Stand-by Betrieb	0,00 Euro
Gesamtkosten	113,88 Euro
Einsparung durch Änderung des Nutzerverhaltens	
Sollten Sie sich entschließen, den Rechner immer herunterzufahren, wenn Sie ihn nicht benutzen, dann sparen Sie dem Fachbereich:	
Einspareffekt pro Jahr	99,58 Euro
Einsparung durch Maßnahmen durch die IT-Abteilung	
Durch den Einsatz eines Skripts, dass den Rechner automatisch bei Inaktivität herunterfährt und ihn danach komplett vom Stromnetz trennt, kann der Fachbereich folgende Kosten einsparen:	
Einspareffekt pro Jahr	102,44 Euro
Hochrechnung	
Unter der Annahme, dass alle Nutzer am Fachbereich Ihrem Nutzerprofil entsprechen, ergeben sich für 100 Rechner folgende Einsparpotentiale pro Jahr:	
Änderung Nutzungsverhalten	9958,00 Euro
IT-Abteilungsmaßnahmen	10244,00 Euro
Neue Berechnung starten »	

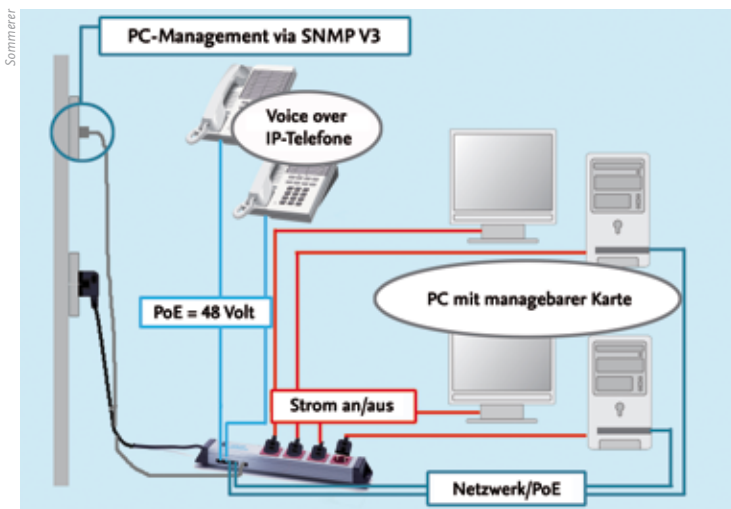
Berechnung des Energieverbrauchs – Ausgabe des Ergebnisses.

eigenen Verfahren als ungeeignet erwiesen, mussten andere Lösungen gefunden werden. Einerseits sollten die Laufzeiten der Computer an die tatsächlichen Nutzungszeiten angepasst werden. Zum anderen musste eine Lösung entwickelt werden, die die gesamte Hardware vollständig vom Stromnetz trennt. Dabei durfte weder die Arbeitsfähigkeit der Mitarbeiter beeinträchtigt, noch die nächtliche Administrierbarkeit der Computerarbeitsplätze verschlechtert oder gänzlich verhindert werden. Klassische Steckerleisten, wie sie in jedem Haushalt eingesetzt werden, waren damit keine Option. Als Lösung erschien ein Ansatz geeignet, der Hard- und Software kombiniert.

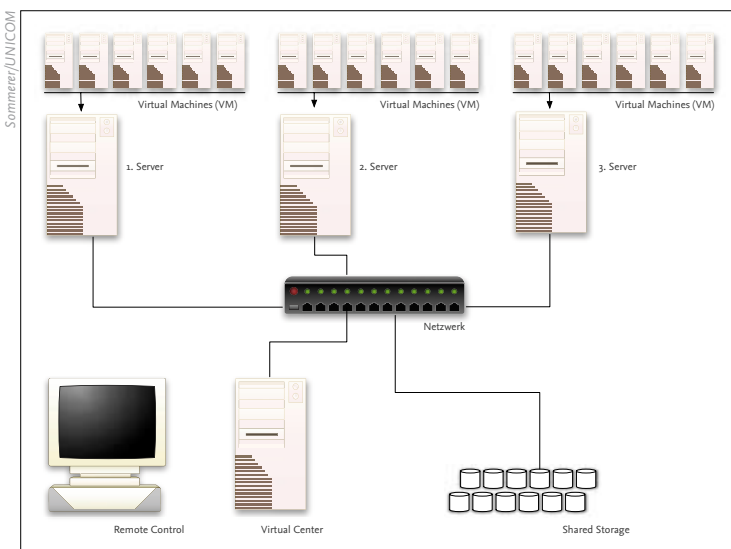
Ein zentraler konfigurierbarer Dienst, der den Nutzer nach definierter Zeit des „Nichtstuns“ automatisch abmeldet und den Rechner herunterfährt, war für Windows-Rechner ein erster geeigneter Schritt. Eine spezialisierte Karte – im Rechner verbaut und zwischen Motherboard und Endgerät geschaltet – ein zweiter. Mit

Kosten/Einsparung bei 0,13Ct/KWh	an 220 Tagen/Jahr 4 Std./Tag genutzt, sonst immer an (15 Prozent = ca. 100 PC)	an 220 Tagen/Jahr 4 Std. ungenutzt, sonst heruntergefahren (16 Prozent = ca. 160 PC)	an 220 Tagen/Jahr 8 Std. genutzt, sonst heruntergefahren (Rest = 390 PC)
Aktive Benutzung	11,44	11,44	22,88
Ungenutzt	102,44	11,44	0,00
Stand-by	0,00	4,55	4,55
Herunterfahren bei Nichtnutzung	99,58	10,87	0,00
+ Netztrennung bei Nichtnutzung	102,44	15,99	4,55
Einsparpotenzial	ca. 10.000 Euro/Jahr	ca. 2.500 Euro/Jahr	ca. 1.800 Euro/Jahr

Übersicht über die möglichen Einspareffekte.



Schematische Darstellung der weiterentwickelten ClickClick®-Lösung.



Schematische Darstellung eines auf drei Stammserver und Virtualisierung setzenden Systems.

Internet

Weitere Informationen zum Thema finden Sie im Internet:

Energieverschwender „PC“

<http://www.heise.de/newsticker/meldung/86548/from/rss09>
<http://www.pcwelt.de/know-how/hardware/106693/index.html>
<http://www.die-wirtschaft.at/ireds-38340.html>
<http://www.vetmed.fu-berlin.de/einrichtungen/zentrale/it/projekte/pcmanagement/index.html>

Einsparpotenzial Servervirtualisierung

<http://www.computerwoche.de/nachrichten/572196/>
http://80.81.28.3/konferenz/download/dns/26062006/Vortrag_Boesinger.pdf

einer geeigneten Managementkonsole konnte man damit vom Rechner des Administrators physikalisch auf die verschiedenen Rechner und deren Funktionen wie An- und Ausschalten, Systemneustart oder die Stromversorgung für zusätzliche Festplatten oder die DVD-Laufwerke zugreifen. Diese Funktionen konnte der Administrator dann aus der Ferne so bedienen, als säße er selbst vor dem entsprechenden Computer. Eine derartige Kontrolle der Hardware verbessert zwar das Management, trennt den Rechner jedoch noch nicht völlig vom Stromnetz. Dies wird erst durch einen dritten Schritt möglich, bei dem ein derart vorbereiteter Rechner an eine spezielle Stromdose mit vier Anschlüssen gekoppelt wird. Sie sieht handelsüblichen Steckerleiste zwar relativ ähnlich, hat aber einen entscheidenden Vorteil: Im Anschluss an das Herunterfahren des Rechners trennt die Stromdose nacheinander Rechner, Monitor und die angeschlossene Peripherie vollständig vom Stromnetz.

Dieser in der IT-Abteilung des Fachbereichs Veterinärmedizin entwickelte konzeptionelle Ansatz hielt der Begutachtung durch das Rechenzentrum der Freien Universität (ZEDAT) stand und wurde im Oktober 2005 als Pilotprojekt für den Fachbereich genehmigt. Zwischen Oktober 2005 und Anfang 2006 erhielten etwa 200 Computer die entsprechende Hardware, genügen seitdem den Ansprüchen einer verbesserten Energieeffizienz und lassen sich besser managen. Die Implementierung einer derartigen Lösung bestätigte die grundsätzliche Machbarkeit und den Sinn solcher Maßnahmen. Die nutzerseitige Akzeptanz derartiger Systeme wird zukünftig sicherlich an den Möglichkeiten der Anpassung an die individuellen Bedürfnisse der Anwender gemessen werden. Ein webgestützter Energiekostenrechner, unterlegt mit einer tabellarischen Listung der Verbrauchswerte der Rechner am Fachbereich, soll den Nutzern die Auswirkungen ihres Verhaltens vor Augen führen und helfen die Akzeptanz der eingesetzten Maßnahmen zu erhöhen. Eine serioreife Lösung wurde erstmals auf der diesjährigen Computermesse Cebit in Zusammenarbeit mit den Firmen Cluster-Labs GmbH (Hardware) und mib-Solutions GmbH (Managementsoftware) vorgestellt – ihr Name: ClickClick®. Die Zukunft wird zeigen, ob und in wie weit Unternehmen bereit sein werden, dieses mögliche Einsparpotenzial zukünftig durch geeignete Hard- und Software vorzufinanzieren.

Aber nicht nur Computer haben Einsparpotenzial, auch bei den Servern können durch den Einsatz geeigneter Technik Kosten reduziert werden. Hier gibt es zwei unterschiedliche Ansätze: Blade-Server und Server-„Virtualisierung“. Während beim Aufbau so-



genannter Blades, also Computerplatinen, versucht wird, die Bauform der Server zu optimieren, um Platz, Energie und Kühlung einzusparen, versucht man bei der Server-„Virtualisierung“, die Menge der tatsächlich eingesetzten Server-Hardware zu reduzieren. Ein Blade-Server besteht aus mehreren Platinen, das sind voneinander unabhängige Computersysteme mit eigenen Mikroprozessoren, Arbeitsspeichern oder Netzwerkanschlüssen, die in einem Gestell oder Schrank zu einem Blade-Server zusammengestellt werden. Server-Blades nutzen die gleichen Ressourcen, werden zentral verwaltet, haben eine gemeinsame Stromversorgung und Lüftung. Ein Server-Schrank kann auch mehrere Server-Blades aufnehmen und damit zahlreiche Prozessoren enthalten. Der Vorteil liegt vor allem in der kompakten Bauweise, der enormen Leistungsdichte, der hohen Rechenleistung, der Skalierbarkeit und Flexibilität sowie der einfacheren Verkabelung und einer

Blade-Server sparen Platz und Energie

schnellen und leichteren Wartung. Darüber hinaus wird nur ein einziger Tastatur-, Grafik- und Maus-Controller für

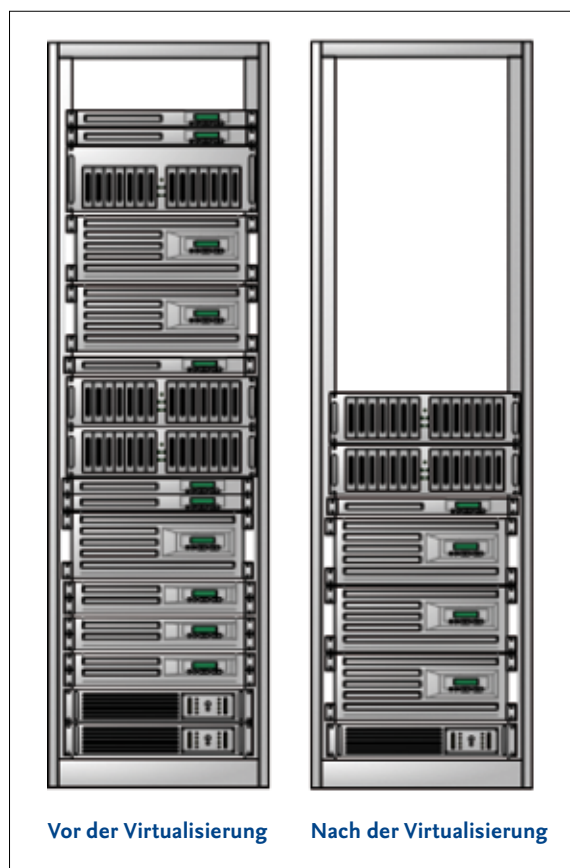
einen Blade-Server benötigt. Aufgrund der gleichartigen Hardware lassen sich ausfallende Systeme mit geeigneten Managementkonsolen auf andere Hardware übertragen und so Ausfallzeiten verringern. Bei der Server-„Virtualisierung“ hingegen wird versucht, die Auslastung der Ressourcen durch das Nachbilden von Serverhardware auf bereits bestehender Technik zu optimieren, wodurch die vorhandene Hardware wesentlich effizienter betrieben werden kann. Durch die Aufteilung eines vorhandenen Servers in mehrere „virtuelle Maschinen“ können verschiedene Betriebssysteme und deren Anwendungen nebeneinander ablaufen. Jede „virtuelle Maschine“ arbeitet dann wie ein eigenständiger und unabhängiger Server.

Früher musste für jeden Dienst eine eigenständige Hardware beschafft werden, heute kann der Administrator wie mit einer „Fernsteuerung“ flexibler reagieren und die vorhandenen Ressourcen nach Bedarf zu teilen. Je nach Wunsch können demnach Prozessorleistung oder Arbeitsspeicher flexibel an den tatsächlichen Bedarf angepasst werden.

Moderne Lösungen bieten speziell für diese Funktionen optimierte, das heißt ressourcenschonende und wartungsarme Betriebssysteme an, die auf den aufgesetzten Betrieb konventioneller Betriebssysteme abgestimmt sind. Mit geeigneten Managementkonsolen lassen sich die virtuellen Server – zum Beispiel für anstehende Wartungsarbeiten an der Hardware – auch im laufenden Betrieb und ohne Ausfallzeit von Hardware zu Hardware verschieben, auf Knopfdruck im laufenden Betrieb sichern oder wiederherstellen.

Für den Fachbereich Veterinärmedizin war die Server-„Virtualisierung“ die geeignete Maßnahme: Bei der Energieversorgung, der Kühlung und durch die reduzierte Zahl von Serverwartungsverträgen konnte deutlich eingespart werden – und die benötigte Leistung bei der unterbrechungsfreien Stromversorgung ging zurück. Trotz der höheren Leistungsfähigkeit der Server-Landschaft wurde das Budget damit entlastet. Welche Bedeutung die Universitätsleitung derartigen Möglichkeiten beimisst, zeigen die aktuellen **Virtualisierung** zentralen Vorgaben. Im Januar 2007 wurde an der Freien Universität ein Prämiensystem zur Energieeinsparung eingeführt. Unterschreitet der Energiebedarf in den Liegenschaften eines Fachbereichs den zuvor festgelegten Grundverbrauch, erhält er eine Prämie in Höhe von 50 Prozent der erzielten jährlichen Kostensenkung. Überschreitungen sollte man allerdings meiden: Die müssen nämlich vollständig von den Fachbereichen getragen werden.

Schematische Übersicht über die zu erzielenden Reduktionseffekte nach der Virtualisierung. Das neuere Speichersystem (Mitte) wurde durch größere Festplatten erweitert. Das alte Speichersystem (oben) konnte außer Dienst gestellt werden. Die unterbrechungsfreie Stromversorgung (unten) konnte geringer dimensioniert werden. Die Zahl aktiver Serversysteme wurde deutlich verringert. Ein Einsparpotenzial von 40 Prozent ist realistisch.



ZIEL

FORTSCHRITT IM DRUCK.
SEIT 100 JAHREN.

100

Wir drucken flexibel und termingenau
zu transparent kalkulierten Preisen.



Druckerei H. Heenemann
Bessemerstraße 83–91 · D-12103 Berlin
Telefon (030) 75 30 30
Telefax (030) 75 30 31 31



Kriminelle Energie

Woher kommt sie, und kann man sie behandeln?



INTERVIEW MIT KLAUS-PETER DAHLE

Das Thema Energie ist in aller Munde, die Kosten für Energie steigen und die Umwelt leidet. Doch was ist mit einer ganz anderen Form der Energie, der kriminellen Energie? Woher kommt sie, wen trifft sie, und wie wirkt sie sich aus? fundiert hat nachgefragt – bei Dr. Klaus-Peter Dahle, wissenschaftlicher Angestellter am Institut für Forensische Psychiatrie der Charité, Universitätsmedizin Berlin, Campus Benjamin Franklin, und Privatdozent am Wissenschaftsbereich Psychologie der Freien Universität.

fundiert: Herr Dahle, was verbraucht mehr Energie: kriminell werden oder anständig bleiben?

Dahle: Kriminelle Energie ist eine Metapher, sie ist keine Größe, die sich einfach messen und vergleichen lässt. Deswegen kann man die Frage eigentlich nicht beantworten. Wenn man aber mal alle möglichen Normüberschritte als kriminell wertet, also auch das Schwarzfahren oder Ähnliches, dann wird man wohl mehr Energie brauchen, um nicht kriminell zu werden.

fundiert: Gibt es denn klassische Wege, um kriminell zu werden?

Dahle: Vorweg geschickt: Wir wissen über manche Formen der Kriminalität sehr wenig, zum Beispiel über Wirtschaftskriminalität. Die lässt sich einfach nicht so gerne beforschen. Bei den Formen, die wir untersuchen können und untersucht haben, spielen bestimmte Risikofaktoren eine Rolle – das Elternhaus beispielsweise. Es gibt eine Kerngruppe von Straftätern, die besonders früh auffällig wird, bei denen familiäre Risikofaktoren eine große Rolle spielen. Da hängt dann vieles mit vielem zusammen: Die sozialen Chancen sind geringer, das Umfeld neigt tendenziell zu kriminellem Verhalten, glorifiziert es teilweise auch. Wenn Jugendliche, die so aufwachsen, nicht den Sprung hinaus schaffen, dann gehören sie später zu der Kerngruppe, die einen großen Teil der Menschen im Strafvollzug ausmacht.

fundiert: Das ist eine klassische kriminelle Karriere?

Dahle: Genau. Diese Form ist mittlerweile ziemlich intensiv erforscht. Es gibt Studien, die solche Risikogruppen ausführlich untersucht haben – angefangen in der Jugend bis hinein ins 40. Lebensjahr.

fundiert: Die machen den Großteil im Strafvollzug aus?

Dahle: Nein, das ist zwar eine wesentliche Kerngruppe. Die meisten Erwachsenen im Strafvollzug sind

Wirtschaftskriminelle werden vermutlich seltener erwischt und auch seltener verurteilt.



foto12/Alexey Dougan



Schwarzfahren: Kriminelle Energie als Normübertritt?

Priv.-Doz. Dr. phil. Klaus-Peter Dahle



Geboren am 7. April 1960 in Schwelm/Nordrhein-Westfalen, 1987 Diplom in Psychologie an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Nach therapeutischer Tätigkeit in einer Drogeneinrichtung von 1988 bis 1995 wissenschaftlicher Mitarbeiter/Institut für Forensische Psychiatrie an der Freien Universität. Von 1993 bis 1995 beurlaubt für ein Forschungsvorhaben zum Aufbau des Maßregelvollzugs in den neuen

Bundesländern. 1994 Fachpsychologe für Klinische Psychologie/Psychotherapie. 1995 Promotion (Freie Universität) und Zertifizierung als Verhaltenstherapeut. Von 1996 bis 2006 wissenschaftlicher Assistent am Institut für Forensische Psychiatrie der Charité Berlin, seither wissenschaftlicher Angestellter. 1999 Approbation zum psychologischen Psychotherapeuten, 2000 Fachpsychologe für Rechtspsychologie. 2005 Habilitation (Psychologie) mit einer Arbeit über „Psychologische Kriminalprognosen“. Seit 2005 Privatdozent am Institut für Psychologie an der Freien Universität. Forschungsschwerpunkte sind unter anderem: Delinquente Lebensläufe und Kriminalprognose (Berliner Crime-Studie), Methoden der Rückfallprognose bei Gewalt- und Sexualdelinquenz und Methoden und Effekte der Straftäterbehandlung.

Kontakt

Charité – Universitätsmedizin Berlin
Campus Benjamin Franklin

Institut für Forensische Psychiatrie
Limonenstraße 27
12203 Berlin

Tel.: 030 – 8445 1417

Fax.: 030 – 8445 1440

E-Mail: klaus-peter.dahle@charite.de

aber erst straffällig geworden, als sie bereits volljährig waren.

fundierte: Warum sind Wirtschaftskriminelle kaum erforscht?

Dahle: Die lassen sich vermutlich seltener erwischen. Und wenn sie erwischt werden, werden sie seltener verurteilt. Und wenn sie verurteilt werden, haben sie eine größere Chance, in den offenen Strafvollzug zu kommen. Im geschlossenen Vollzug sind sie nur eine kleine Gruppe und daher auch nur wenig erforscht.

fundierte: Warum werden Männer häufiger zu Straftätern als Frauen?

Dahle: Dazu gibt es ganz verschiedene und sehr zahlreiche Hypothesen, leider keine ganz erschöpfende Erklärung. Man muss vor allem nach Delikt-Arten unterscheiden. Bei Gewaltdelikten gibt es mehr Männer, aber schon beim Ladendiebstahl sieht man fast eine Aufteilung von 50 zu 50. Auch bei der Rauschgiftkriminalität ist der Anteil der Frauen relativ hoch.

fundierte: Aber warum ist der Männeranteil bei Gewaltdelikten so hoch?

Dahle: Die Erklärungsmodelle reichen vom Hormonhaushalt bis zur Sozialisation. Einmal wird das Testosteron für Aggressivität verantwortlich gemacht, dann die Tatsache, dass die erste Bezugsperson ein anderes Geschlecht hat, also die Mutter. Dadurch gibt es in der Identitätsentwicklung mehr Probleme. Da gibt es ein ganzes Bündel an Hypothesen.

fundierte: Welcher neigen Sie zu?

Dahle: An vielen ist etwas dran, aber eine einzige Hypothese reicht zur Erklärung sicher nicht. Interessant sind auch Studien, die zeigen, dass weibliche Jugendliche genauso zur Aggression neigen, sie aber versteckt ausleben, also gewissermaßen hinterhältige Formen wählen – zum Beispiel durch Anschwärzen von anderen oder Lästern innerhalb der Bezugsgruppe.

fundierte: Gibt es Menschen, die gar nicht anders können, als kriminell zu werden?

Dahle: Das ist eine philosophische Frage. Aber es gibt sicherlich Ursachen für Kriminalität, deren Spannbreite von echter psychischer Erkrankung bis zur bewussten Entscheidung reichen. Sie finden alles, was

dazwischen liegt: Personen, die sich dem Druck einer Gruppe nicht entziehen können; Personen, die soziale Defizite und eine verzerrte Wahrnehmung haben; Personen, die Schwierigkeiten haben, emotionale Signale wahrzunehmen und deshalb nur schwer Hemmungen aufbauen können. Bei solchen Schattierungen lässt sich schwer sagen: Können die anders handeln oder nicht?

fundiert: Gibt es Situationen, in denen die meisten Menschen dazu neigen, kriminell zu werden? In denen Regeln keine Rolle mehr spielen?

Dahle: Sicher. Wie immer spielen nicht nur Personenmerkmale eine Rolle, sondern auch situationale Variablen. In Bedrohungssituationen beispielsweise neigen viele Menschen zu Gewalt, oder in Anomie-Situationen, in denen äußere Regeln zusammenbrechen – Bürgerkriege, Kriege oder ähnliche Krisen.

fundiert: Wie wichtig ist es, ob man sich beobachtet fühlt?

Dahle: Das spielt auch eine Rolle. Es gibt soziologische beziehungsweise ökonomische Theorien, denen zu-

folge bestimmte Delinquenzformen vor allem in wirtschaftlichen Umbruchsituationen auftreten. Wenn Regeln und soziale Kontrollmechanismen, die lange galten, nicht mehr gelten und die Chancen für den Betroffenen schlechter werden, zum Beispiel während der „Wende“. Das alles erklärt aber Kriminalität nicht als Ganzes. Die eine umfassende Theorie zur kriminellen Energie gibt es eben noch nicht – man wird sie wahrscheinlich auch nie finden.

fundiert: Ist im Laufe der Zeit die Hürde niedriger geworden, kriminell zu werden?

Dahle: Das würde ich so pauschal nicht sagen. Es gibt immer bestimmte Formen von Kriminalität und Zusammenhänge, die sich verändern. In bestimmten Gruppen hat die Kriminalität zugenommen, beispielsweise bei Jugendlichen mit Migrationshintergrund – einfach, weil die dritte Einwanderergeneration ganz andere Probleme hat. Gleichzeitig geht Kriminalität in anderen Gruppen zurück. Das ist phasenabhängig und hat auch mit der Anzeigebereitschaft der Opfer zu tun. Momentan geht schwere Gewaltkriminalität als Ganzes eher zurück. Das könnte auch mit der Alterung der Gesellschaft zusammenhängen.

Rauschgiftstraftäter nehmen Therapieangebote unter strafrechtlichem Druck oft an.



Fotografie/Stephan Hausselmann



Gefangen durch Alkohol?

fundierte: Gibt es einen Zusammenhang zwischen Gewaltdarstellung in Film, Fernsehen und Computerspielen und der Bereitschaft, Gewalt anzuwenden?

Dahle: Ich glaube nicht, dass jemand, der keine besondere Affinität zu Gewalt hat, durch ein Computerspiel zum Gewalttäter wird. Es kann aber sein, dass in solchen Spielen bei entsprechend vorbelasteten Menschen letzte Hemmschwellen tangiert werden, die Spiele selbst produzieren aber keine Kriminalität. Ein bis dahin unauffälliger Mensch startet keinen Amoklauf, nur weil er sich ein paar Gewaltvideos anguckt. Dass es Personen gibt, die Probleme haben und sich deswegen in Gewaltfantasien hineinbegeben, das mag sein.

fundierte: Wie schwer ist es, aus eigenem Antrieb wieder von der schiefen Bahn zu kommen?

Dahle: Auch dabei spielen verschiedene Dinge eine Rolle. Bei einer relativ großen Gruppe hängt das kriminelle Verhalten mit dem Konsum von Suchtmitteln zusammen. Viele jugendliche Straftäter schaffen den Sprung ins einigermaßen bürgerliche Leben, wenn sie erwachsen werden. Ein paar bleiben aber übrig, die sich ihre Chancen deutlich stärker verbaut haben. Die bleiben oft auffällig und fangen an zu trinken oder Ähnliches. Die haben relativ wenig Chancen – es sei denn, sie bekommen ihre Sucht in den Griff.

fundierte: Hat die Haftstrafe einen Einfluss?

Dahle: Viele kommen im Laufe einer langen Haftstrafe ins Grübeln. Die treffen tatsächlich eine bewusste Ent-

scheidung, die wollen einfach nicht mehr. Denen dämmert, dass sie nicht den ganzen Rest ihres Lebens im Vollzug verbringen können. Sie unternehmen dann Anstrengungen, um aus dem Milieu herauszukommen. Dafür müssen ein paar Voraussetzungen erfüllt sein: Derjenige darf intellektuell zumindest nicht eingeschränkt sein; er muss es hinkriegen, sich einen Job zu suchen und zu halten. Wenn der Beruf wegbricht, werden viele wieder straffällig. Es gibt auch echte Glückskinder, die einfach mal Schwein haben. Ich kenne den Fall eines ehemaligen Häftlings, der sich während einer Entziehungskur in eine Krankenschwester verliebt hat. Der hatte eine völlig miese Prognose, aber es hat geklappt. Solche Fälle gibt's halt.

fundierte: Kann eine Therapie helfen?

Dahle: Manchmal schon. Wenn die Therapie dafür sorgt, dass bestimmte Faktoren, die zur Straffälligkeit geführt haben, nicht mehr virulent sind.

fundierte: Wie sehen solche Therapien aus?

Dahle: Straffälligkeit ist zunächst mal keine behandlungsbedürftige Störung an sich. Effiziente Behandlungsangebote im Vollzug dienen der Verbesserung der Sozial- und Legalprognose. Da benutzt man auch Elemente aus klassischen Behandlungsmethoden, vor allem lösungsorientierte Ansätze. Das entspricht der Lebenswelt der Betroffenen eher, als das stundenlange Reflektieren über Geschehnisse aus der Kindheit. Gezielt versucht man, bei den Risikofaktoren der Betroffenen anzusetzen. Das funktioniert nicht bei jedem, aber bei einigen schon.

fundierte: Sind denn die Bedingungen im Vollzug so, dass sich vernünftig therapieren lässt?

Dahle: Sogenannte sozialtherapeutische Anstalten sind räumlich getrennt vom Regelvollzug – aber meist trotzdem eng angebunden. Da gibt es noch viel Vollzugsalltag, der ein störendes Klima erzeugt. Ein großer Vollzugsapparat ist immer auch ein großer Verwaltungsapparat mit sehr vielen Routineabläufen. Ein therapeutisches Konzept ist aber auf den Einzelfall zugeschnitten. Wenn man versucht, den Betroffenen wieder an eigenverantwortliches Handeln heranzuführen, sind die Möglichkeiten im Vollzug einfach begrenzt. Das fängt an beim eigenen Kochen oder Waschen.

fundierte: Das Leben nach Stundenplan ist kontraproduktiv?

Dahle: Zumindest gilt jede Störung der Vollzugsroutine als potenzieller Unruheherd – dieser Umstand kann die therapeutischen Möglichkeiten einschränken. Mit diesen Einflüssen tun sich viele therapeutische Einrichtungen relativ schwer. Auch die personellen Bedingungen sind nicht optimal. Strittig ist nach wie vor, ob und welchen Einfluss es auf die Therapie hat, dass es keine Schweigepflicht für Therapeuten im Vollzug gibt. Es mag sein, dass dies einzelne Gefangene daran hindert, Therapieangebote wahrzunehmen.

fundiert: Sind solche Angebote immer freiwillig?

Dahle: Bis 1998 war das zumindest im Strafvollzug so. Da kam nur in die Sozialtherapie, wer das auch wollte und sich beworben hatte. Seitdem hat sich die Rechtslage geändert: Jetzt können beispielsweise Sexualstraftäter auch gezwungen werden, an einer Behandlung teilzunehmen. Das wirft aber neue Fragen auf: Kann ich jemanden behandeln, der nicht motiviert ist? Auf der anderen Seite: Erreiche ich durch diesen Druck nicht möglicherweise auch Personen, die sonst nie gekommen wären? Bei rauschgiftsüchtigen Tätern hat man damit ganz gute Erfahrungen gemacht: Die Straftäter nahmen an einer Therapie teil, um früher entlassen zu werden oder um Strafe zu vermeiden. Man hat viele dadurch überhaupt zur Therapie bewegt und viele dadurch auch davon abgehalten, die Therapie vorzeitig abubrechen, sobald sie etwas schwieriger wurde.

fundiert: In den Medien liest man immer wieder von Straftätern, die von Sachverständigen begutachtet worden sind. Wie zuverlässig sind solche Gutachten?

Dahle: Da hat sich in den letzten fünf Jahren viel getan, sowohl in der Zuverlässigkeit der Methodik als auch in der Breite ihrer Anwendung. Das hat unter anderem mit einem größeren öffentlichen und kriminalpolitischen Druck zu tun. Mittlerweile ist es so, dass alle Gewalt- und Sexualstraftäter durch externe Gutachter begutachtet werden müssen, die eine Haftstrafe von mehr als zwei Jahren absitzen und vorzeitig raus wollen. Dazu kamen Qualifizierungsoffensiven, sowohl in den psychologischen als auch psychiatrischen Fachkreisen. Das war vor allem nötig, weil es bis in die 1990er Jahre eine Menge Gutachten gegeben hatte, deren fachliche Qualität man anzweifeln konnte.

fundiert: Warum war das so?

Dahle: Die Begutachtung von Straftätern wird während des Studiums meist nicht gelehrt, es fehlte einfach an methodischer Ausbildung. Das hat sich geändert, zumindest im Hinblick auf postgraduale Weiterbildungsangebote. Dazu kommt, dass es in Deutschland ein Novum ist, in Richtung Methoden zu forschen. In England und den USA ist das viel stärker ausgeprägt, die arbeiten sehr viel mit statistischen Instrumenten. Da gibt man ein: Straftäter X hat die Vorgeschichte Y und die Statis-

Für die Begutachtung von Gewalt- und Straftätern fehlt oft eine methodische Ausbildung während des Studiums.



photo: case



Kann man die Rückfallwahrscheinlichkeit eines Straftäters aufgrund seiner individuellen Merkmale voraussagen?

tik sagt, mit welcher Wahrscheinlichkeit der Betroffene rückfällig wird.

fundierte: Das funktioniert?

Dahle: Ja, das haben wir ausprobiert. Die Instrumente haben aber auch Nachteile. Viele Delinquenten landen bei einem mittleren Wert, der wenig aussagekräftig ist. Und wer einmal eine miese Prognose hat, bleibt mit diesen Instrumenten bei einer miesen Prognose.

fundierte: Also, was tut man?

Dahle: Wir hier am Institut gehörten zu den ersten, die auch andere Methoden systematisch erforscht und entwickelt haben. Wir machen das seit 1998 und hatten die ersten Ergebnisse 2002. Herausgekommen sind Prognose-Beurteilungen – die sind so ziemlich das Komplexeste, was man an forensischer Beurteilung machen kann.

fundierte: Warum?

Dahle: Wenn man es vernünftig macht, gehören zwei ganz unterschiedliche Dinge dazu. Zum einen guckt man sich die statistischen Daten an und die Vorgeschichte des Betroffenen – so wie die Amerikaner das machen. So kann man sich einen Punktwert errechnen, ein Rückfallrisiko-Index. Außerdem fragt man systematisch und detailliert verschiedene Merkmale und Charaktereigenschaften des Delinquenten ab. Im besten Fall kommt ein individuelles Risikoprofil dabei heraus. Aber auch diese Instrumente haben ihre Nach-

teile, wenn die Person im mittleren Bereich landet. Immerhin erhält man so eine fundierte Einschätzung des Grundrisikos, auf dem sich der Proband nach Maßgabe empirischen Erfahrungswissens bewegt.

fundierte: Kann man diese mehr oder weniger statistischen Daten mit anderen Methoden kombinieren?

Dahle: Genau das ist das Ziel. Der Gesetzgeber fordert von uns eine individuelle Analyse. Dafür rekonstruiert man mit dem Betreffenden seine gesamte Entwicklung – durch Befragung, durch Aktenstudium, durch weitere Recherchen. Stück für Stück bekommt man so ein Bild von typischen Verhaltensweisen, Wahrnehmungsmustern, Bedürfnissen, Stärken und Schwächen und kann nach den Zusammenhängen mit der strafrechtlichen Vorgeschichte fragen. Man analysiert also seine gesamte delinquente Vorgeschichte in ihrem jeweiligen biographischen Kontext – von der Kindheit bis zum Erwachsenenalter. Dann erst rekonstruiert man den Tathergang des Anlassdelikts: Warum hat dieser Mensch mit seinen spezifischen Eigenschaften und seiner Vorgeschichte diese Tat in dieser Situation begangen? So versucht man, eine individuelle Kriminaltheorie herauszuarbeiten und kann dann gezielt nach etwaigen Entwicklungen und Veränderungen dieser spezifischen Risikofaktoren im Vollzugsverlauf und gegebenenfalls während einer Sozialtherapie bis zum Beurteilungszeitpunkt fahnden. Schließlich analysiert man seine jetzige Situation und seine Perspektiven nach einer etwaigen Haftentlassung, um verbleibende Risikokonstellationen zu erkennen: Was für berufliche Chancen hat er? In welcher persönlichen Situation ist er? Welche sozialen Kontakte hat er? Welche Hoffnungen, Wünsche und Präferenzen hat er, und wie realistisch sind diese? Wie wahrscheinlich ist es, dass er wieder in Situationen gerät, in denen er früher straffällig wurde? Der letzte Schritt ist dann das Risikomanagement, also die Frage, ob Möglichkeiten bestehen, Fehlentwicklungen wirksam vorzubeugen: Kann man Kontrollen oder Hilfen einbauen? Und wenn ja: durch Therapie? Durch regelmäßige Sitzungen? Durch Maßnahmen zum Self-Monitoring? Solche Dinge werden dabei analysiert.

fundierte: Klingt aufwändig.

Dahle: Ist es auch. Aber nur die Verbindung beider Seiten, der Empirie und der sorgfältigen individuellen Analyse samt Risikomanagement, ist zuverlässig.

fundierte: Vielen Dank für das Gespräch.

Das Gespräch führten Oliver Trenkamp und Bernd Wannenmacher.



*Zukunft der
Atomenergienutzung
in Deutschland*

Mit dem sogenannten Atomkonsens bewirkte die rot-grüne Bundesregierung in der deutschen Energiepolitik eine fundamentale Wende. Ergebnis der mit den Betreibern getroffenen Vereinbarung war nach 20 Monaten Verhandlungen unter anderem, dass die Betriebsgenehmigungen der Atomkraftwerke (AKW) befristet und der Bau von neuen AKW sowie der Transport zur Wiederaufarbeitung von nuklearen Brennstoffen verboten wurden. Damit setzt erstmals ein großes Industrieland ein klares Zeichen in der Atompolitik – in Richtung Ausstieg bis zum Jahr 2023. Allerdings wurde das in der Koalitionsvereinbarung angekündigte 100-Tage-Programm erst mit erheblicher Verspätung umgesetzt, und die Konsensgespräche kamen nicht nach einem, sondern erst nach knapp zwei Jahren zu einem Ergebnis. Die Form, in der sich der Atomausstieg in Deutschland vollziehen wird, lässt eine Reihe von Fragen und Details unbeantwortet. Im Zuge der vorgezogenen Bundestagswahl im September 2005 wurde von der damaligen Opposition laut über Laufzeitverlängerungen nachgedacht.

Aber auch die seit November 2005 regierende große Koalition hält am gesetzlich festgelegten Atomausstieg fest. Umfragen verschiedener Medien oder Bundestagsabgeordneter zur Frage „Soll Deutschland wieder verstärkt auf Atomenergie setzen?“ zeigen klare Mehrheiten für die Fortsetzung des Atomausstiegs. Dabei wird

Stromerzeugung und -verbrauch

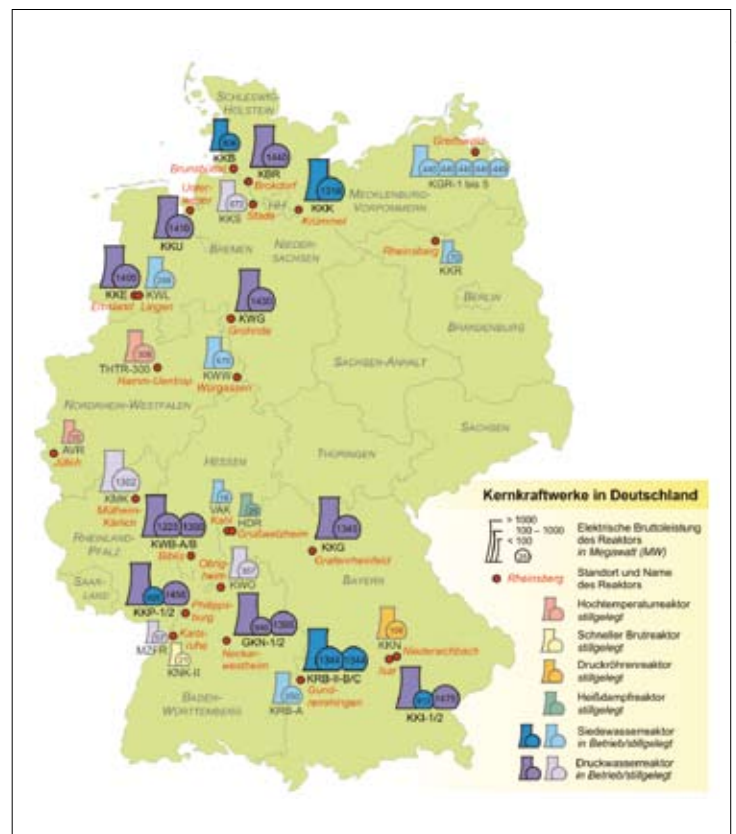
nicht nur auf die Potenziale der erneuerbaren Energien verwiesen, sondern auch auf die nach wie vor nicht gelöste Frage

der Endlagerung des Atomabfalls. Derzeit produzierten Atomkraftwerke immer noch den größten Anteil an Elektrizität. Nach der Wiedervereinigung schrumpfte die Stromerzeugung in Deutschland einige Jahre, seit 1994 steigt sie zwar geringfügig, aber kontinuierlich an. Im vergangenen Jahr wurden insgesamt rund 635 Tera-Wattstunden (TWh) Strom produziert und rund 615 TWh im Inland verbraucht. Der Rest wurde exportiert. Die Struktur der Stromerzeugung hat sich in den letzten 15 Jahren leicht zugunsten von Erdgas und erneuerbaren Energien – vor allem Windkraft – verändert. Im Jahr 2006 wurden knapp drei Viertel der Elektrizität in Atom-, Braunkohle- und Steinkohlekraftwerken erzeugt. Der Anteil der Stromerzeugung aus Erdgas verdoppelte sich seit 1990 nahezu und erreichte 2006 insgesamt über 11 Prozent. Die Stromerzeugung aus Windkraft betrug im vergangenen Jahr rund 30 TWh (fast 5 Prozent der Bruttostromerzeugung). Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Stromverbrauch stieg von knapp mehr als 3 Prozent im Jahr 1991 bis 2006 um mehr als das Dreifache auf knapp 12 Prozent.

Der Anteil des Atomstroms ging in den letzten zehn Jahren von rund 30 Prozent auf etwa 26 Prozent zurück, was auf das Abschalten der ersten Atomkraftwerke gemäß der Atomkonsens-Vereinbarung aus dem Jahr 2000 zurückzuführen ist. Damit liegt Deutschland bei der Erzeugung von Atomstrom weltweit immer noch auf Platz 4, hinter den USA, Frankreich und Japan, aber vor Russland und Südkorea. Am 27. April 2002 wurde mit dem Gesetz zum Ausstieg aus der Atomenergienutzung ein zentrales umweltpolitisches Projekt der rot-grünen Bundesregierung begonnen. Das neue Gesetz mit dem Titel „Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität“ änderte das Atomgesetz von 1959 grundlegend: Statt der Förderung der Kernenergie stand nun die geordnete Beendigung an. Für die damals noch betriebenen 19 Atomkraftwerke wurde festgelegt, dass nach der Erzeugung der jeweils vereinbarten Reststrommenge die Betriebsgenehmigung der Anlage erlischt. Die ab dem 1. Januar 2000 noch produzierbaren Netto-Strommengen – insgesamt 2.623 TWh – sind in einer Anlage zum Atomgesetz enthalten. Sie waren in der Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Betreibern von Atomkraftwerken vom 11. Juni 2001 festgelegt worden und ergeben für jede Anlage eine Betriebszeit von ungefähr 32 Jahren. Ende 2006 betrug die verbleibende Rest-

Atomkonsens

Atomkraftwerke in Deutschland.



strommenge netto noch 1.515 TWh. Die Kernpunkte des Gesetzes:

- ▶ Die Nutzung der Atomenergie zur gewerblichen Energieerzeugung wird geordnet beendet. Das Ende der Atomkraftnutzung in Deutschland wird etwa im Jahr 2020 erreicht. In der Zwischenzeit soll der geordnete Betrieb der Reaktoren auf einem hohen Sicherheitsniveau erfolgen.
- ▶ Für die Errichtung und den Betrieb von neuen Atomkraftwerken und Wiederaufarbeitungsanlagen werden keine Genehmigungen mehr erteilt.
- ▶ Wenn die vereinbarte Elektrizitätsmenge produziert worden ist, erlischt die Betriebsgenehmigung eines AKW. Ferner wurde eine gesetzliche Pflicht zur periodischen Sicherheitsüberprüfung der AKW eingeführt.
- ▶ Die Abgabe abgebrannter Brennelemente in die Wiederaufarbeitung ist ab dem 1. Juli 2005 verbo-

ten und die Entsorgung auf die direkte Endlagerung beschränkt. Daher müssen die Betreiber von AKW standortnahe Zwischenlager errichten und abgebrannte Brennelemente bis zur Abgabe an ein Endlager aufbewahren. Die Erkundungen des Salzstocks Gorleben als Endlagerungsstandort wurden einstweilen gestoppt.

- ▶ Schließlich wurde die Deckungsvorsorge für durch AKW verursachte Schäden von 500 Millionen D-Mark auf 2,5 Milliarden Euro erhöht.

Im Rahmen der Energiekonsensgespräche wurden die verschiedenen finanziellen Probleme des Atomausstiegs stark verkürzt diskutiert. Mit einer Regellaufzeit von 32 Jahren pro Reaktor hat die Bundesregierung den Ausstieg mit der Industrie formal „entschädigungsfrei“ vereinbart. Es ist durchaus als Erfolg zu werten, dass die Steuerzahler keine Entschädigung in Milliardenhöhe an die Betreiber – wie in Schweden – zahlen müssen. Dafür werden die Stromkunden zur Kasse gebeten und die Diffusion technischer Innovationen im Kraftwerksbereich verzögert oder gar verhindert. In der Vergangenheit hatte die

Industriefreundliche Haltung

deutsche Atomindustrie von einer äußerst industriefreundlichen Haltung staatlicher Akteure profitiert. In kaum einem anderen Land waren die Betriebsgenehmigungen unbefristet, war es den Betreibern erlaubt, Rückstellungen für die nukleare Entsorgung in Milliardenhöhe nicht zu versteuern, oder die teure Endlagerung von Atommüll auf die Steuerzahler „abzuwälzen“. Diese Vorteile wurden jetzt teilweise zurückgenommen. Dennoch dürfen die Reaktoren noch eine Zeit lang am „goldenen Ende“, nämlich nach völliger Abschreibung und Amortisation, weiterlaufen. Insgesamt wurde eine Menge an nuklearem Reststrom vereinbart, die fast exakt der Größenordnung der gesamten bisherigen Erzeugung von Atomstrom in Deutschland entspricht. Den Betreibern wird dadurch ein jährlicher Absatz von etwa 150 TWh Atomstrom garantiert – eine Größe, die mehr als ein Viertel des deutschen Strommarktes ausmacht und beim gegenwärtigen Strompreisniveau etwa 13 Milliarden Euro Umsatz bedeutet. In Zeiten fortschreitender Liberalisierung der Energiemärkte ist eine solche Quote nicht wettbewerbskonform.

Die Vereinbarung setzt ferner keine Anreize für eine Beschleunigung des Atomausstiegs. Solange die Rückstellungen für die nukleare Entsorgung in der Verfügungsgewalt der AKW-Betreiber verbleiben, wird das Interesse der Stromwirtschaft an der Nutzung der Atomkraft fortbestehen. Konzerne wie E.ON, RWE und EnBW konnten nicht nur Diversifizierung und Beteiligungen an anderen Energieunternehmen finanzieren – auch die

Priv.-Doz. Dr. Lutz Mez



Geboren am 2. August 1944 in Karlsbad, Tschechische Republik. Nach dem Abitur Lehre als Industriekaufmann. Von 1967 bis 1971 Politologie-Studium an der Freien Universität Berlin. Promotion zum Dr. rer. pol. 1976. Habilitation in Politikwissenschaft 2001. Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Projektleiter und Direktor an außer-universitären Forschungsinstituten von 1972 bis 1982. Seit 1984 am Otto-Suhr-Institut für Politikwissenschaft der Freien Universität und Geschäftsführer der Forschungsstelle für Umweltpolitik. 1993 bis 1994 war er Gastprofessor am Roskilde Universitetscenter, Dänemark, Department of Environment, Technology and Social Studies. Sein Hauptforschungsinteresse gilt der Energie- und Umweltpolitik von Industrieländern unter besonderer Berücksichtigung der Atom-, Klimaschutz-, Gas- und Elektrizitätspolitik. Außerdem beschäftigt er sich mit Wissenstransfer und Capacity Building insbesondere in Mittel- und Osteuropa und den Nachfolgestaaten der Sowjetunion.

Kontakt

Freie Universität Berlin
 Fachbereich Politik- und Sozialwissenschaften
 Forschungsstelle für Umweltpolitik
 Ihnestraße 22
 14195 Berlin
 Tel.: 030 – 838 555 85
 E-Mail: umwelt1@zedat.fu-berlin.de
 Internet: <http://web.fu-berlin.de/ffu/>

im internationalen Vergleich bemerkenswerten temporären Preisnachlässe für industrielle Großkunden und kleinere Stromversorger von bis zu 50 Prozent sind auf diesen Umstand zurückzuführen. Kein Thema war ferner die langfristige Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Stromwirtschaft angesichts der gewaltigen Überkapazitäten bei Kraftwerken in Deutschland und im europäischen Verbundnetz. Eine beschleunigte Abschaltung von AKW mit hohen Vollkosten hätte den Weg dafür gebahnt, dass in Deutschland bereits vor dem Jahr 2010 neue und umweltverträglichere Kraftwerkstechnik in Betrieb genommen wird. Anders als in den USA wurde in Deutschland keine Diskussion über „gestrandete Kosten“ geführt. Eine differenzierte Analyse der deutschen Atomkraftwerke kam zu dem Ergebnis, dass unter den bestehenden Rahmenbedingungen lediglich die Betreiber von neun der 19 AKW einen positiven Beitrag erwarten können. Mit anderen Worten: In den kommenden Jahren hätten zehn AKW aus wirtschaftlichen Gründen stillgelegt werden müssen. Die Liberalisierung des Strommarkts hatte in den ersten fünf Jahren zu einer drastischen Senkung der Erträge aus dem Stromverkauf geführt, und die Stromwirtschaft hat den Abbau der Überkapazitäten bei den Erzeugungsanlagen eingeleitet. Allein RWE und E.ON haben von der in Deutschland installierten Kraftwerksleistung inzwischen knapp 10 Prozent stillgelegt.

Die Sicherung von Arbeitsplätzen in der Energiewirtschaft ist bei dieser Dynamik eine komplizierte Aufgabe. Die Betreiberseite war aber nicht dazu bereit, eine

Beschäftigungsgarantie für die vergleichsweise geringe Zahl der direkt in AKW Beschäftigten zu geben. Mit der flexiblen Handhabung der Laufzeiten sind die Arbeitsplätze in diesem Bereich zumindest mittelfristig gewährleistet. Schließlich kommt es

Arbeitsplätze

aber darauf an, die Rahmenbedingungen für eine „umweltverträgliche und im europäischen Markt wettbewerbsfähige Energieversorgung“ zu schaffen (Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen vom 14. Juni 2000) und damit Investitionen in innovative Kraftwerke, CO₂-freie Energietechnik sowie Energiedienstleistungen neue und zusätzliche Arbeitsplätze zu sichern.

Im November 2003 wurde mit dem AKW Stade das erste Atomkraftwerk abgeschaltet und im Mai 2005 hat das Atomkraftwerk Obrigheim den Betrieb eingestellt. Vier weitere Atomkraftwerke – Biblis A und B sowie Neckarwestheim 1 und Brunsbüttel – könnten in der laufenden Legislaturperiode die ihnen zugeteilte Menge an Reststrom verbrauchen. Die Betreiber dieser AKW haben inzwischen Anträge gestellt, um die Abschaltung zu vermeiden: Im September 2006 beantragte RWE beim Bundesumweltministerium die Übertragung von 30 TWh des Kontingents von 107 TWh aus dem bereits stillgelegten AKW Mülheim-Kärlich auf Biblis A oder die Übertragung von 30 TWh vom AKW Emsland auf dieses AKW. Ende Dezember 2006 beantragte EnBW eine Übertragung der Strommenge von knapp 47 TWh vom neueren AKW Block 2 auf die alte Anlage Neckarwestheim 1.

Im November 2003 wurde mit dem AKW Stade das erste Atomkraftwerk abgeschaltet.



wikipedia

Im März 2007 hat das Bundesumweltministerium den RWE-Antrag abgelehnt. Der Hilfsantrag der RWE und der EnBW-Antrag werden noch geprüft. Im März 2007 stellte auch Vattenfall beim BMU einen Antrag auf Übertragung von 15 TWh Reststrommengen von Mülheim-Kärlich auf das AKW Brunsbüttel. Begründet wurde dieser Antrag vor allem mit dem Hinweis auf den Beitrag des AKW zum Klimaschutz. Atomkraftwerke sind

Anzeigen



Friedensnobelpreis 2005



50 Jahre Internationale Atomenergie-Organisation IAEA

Ein Wirken für Frieden und Sicherheit im nuklearen Zeitalter

Herausgegeben von Dr. Dirk Schriefer, MinR Dr. Walter Sandtner, BM für Wirtschaft und Technologie und Dipl.-

Kfm. Wolfgang Rudischhauser, Vortragender Legationsrat, Leiter der Arbeitseinheit IAEA im Auswärtigen Amt 2006, 218 S., brosch., 29,- €, ISBN 978-3-8329-2465-2

Friedensnobelpreis 2005 für die IAEA und ihren Generaldirektor – für die Sicherung der Nuklearenergie und ihrer Anwendungen vor militärischem Missbrauch und zur Verbesserung der Sicherheit bei ihrer friedlichen Nutzung.



Nomos

bei systemischer Betrachtungsweise keine CO₂-freien Produktionsanlagen, sondern emittieren schon heute bis zu einem Drittel so viel CO₂ wie Gaskraftwerke. Die produktionsbedingten CO₂-Emissionen der Atomenergie betragen – je nachdem, wo der Rohstoff Uran gefördert und wie die Brennelemente produziert werden – bis zu 126

Klimaschutz und Atomkraftwerke

Gramm CO₂ pro Kilowattstunde. Das Öko-Institut hat für ein typisches AKW in Deutschland – einschließlich der Emissionen durch den Bau der Anlage – mit angereichertem Uran aus einem Mix von Lieferländern eine spezifische Emission von 32 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde ermittelt.

AKW tragen auch durch die Freisetzung weiterer Treibhausgase zum Klimawandel bei. Das radioaktive Edelgas Krypton 85, ein Produkt der Kernspaltung, ionisiert die Luft unter allen radioaktiven Stoffen am intensivsten. Krypton 85 entsteht im Atomkraftwerk und wird spätestens bei der Wiederaufarbeitung oder Konditionierung von Atommüll freigesetzt. Die Konzentration von Krypton 85 in der Erdatmosphäre hat in den letzten Jahren durch die Atomspaltung stark zugenommen und erreicht heute einen Höchststand. Obwohl Krypton 85 stark klimawirksam ist, spielen diese Emissionen bei aktuellen Debatten bisher keine Rolle.

Schließlich ist der Beitrag der Atomenergie an der weltweiten Energieversorgung mit 6,5 Prozent gering und lässt sich weder mittelfristig noch langfristig nennenswert steigern. Der reale Beitrag der Atomkraft ist zudem deutlich kleiner. Im Jahr 2004 hatte die Stromerzeugung einen Anteil von 17 Prozent am globalen Energieverbrauch, von diesen wurden knapp 16 Prozent in AKW erzeugt. Der reale Anteil von Strom aus Atomkraftwerken beträgt also nicht einmal 3 Prozent des gesamten weltweiten Energieverbrauchs.

Gegenwärtig gibt es weltweit 435 AKW. Ein für das Klima spürbarer Ausbau würde mehr als fünf Billionen Euro kosten. „Man müsste ungefähr sechsmal soviel Atomkraftwerke in der Welt installieren, als man jetzt hat“, gibt der Energieexperte Klaus Traube zu bedenken, „das wäre noch einmal die Größenordnung von 2.200 großen Meilern mit einer Leistung von jeweils 1.000 Megawatt – eine völlig unvorstellbare Dimension, auch wenn man bedenkt, dass durch den Terrorismus neue Gefahren bezüglich der Sicherheit dazugekommen sind.“ Zudem sind die weltweiten Uranvorkommen begrenzt: Derzeit werden etwa 70.000 Tonnen Uran pro Jahr benötigt, ein massiver Ausbau an AKW erforderte zusätzlich rund 260.000 Tonnen Uran jährlich. Als Konsequenz wären die heute bekannten Uranvorräte bereits nach 18 Jahren verbraucht – und nicht erst nach 70 Jahren, wie derzeit angenommen. Zwischen CDU, CSU und

Atomausstieg laut Koalitionsvertrag

SPD bestehen hinsichtlich der Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung unterschiedliche Auffassungen. Im Koalitionsvertrag wurde deswegen folgende Formel aufgenommen: „Deshalb kann die am 14. Juni 2000 zwischen Bundesregierung und Energieversorgungsunternehmen geschlossene Vereinbarung und können die darin enthaltenen Verfahren sowie für die dazu in der Novelle des Atomgesetzes getroffene Regelung nicht geändert werden.“

Während das zuständige Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit auf der Abschaltung der Anlagen besteht, haben Vertreter von CDU und CSU bereits während des Wahlkampfes Laufzeitverlängerungen für die Atomkraftwerke gefordert. Im September 2005 stellte die CDU ein Modell vor, nach dem die Laufzeiten von AKW um acht Jahre verlängert, die mit der Laufzeitverlängerung verbundenen Erträge in einen Fonds eingezahlt und die Stromkosten der energieintensiven Industrie entsprechend gesenkt werden sollen. Abgesehen von der Tatsache, dass dieser Vorschlag von einem merkwürdigen Verständnis von Markt und Wettbewerb zeugt, würde eine Laufzeitverlängerung ebenfalls den Zeitplan der Betreiber für den Beginn der Endlagerung in Frage stellen. Die Große Koalition bekennt sich jedoch zur nationalen Verant-

wortung für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle und beabsichtigt, in dieser Legislaturperiode das Problem zu lösen. Mit dem „Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte“ (AkEnd), der im Februar 1999 seine Arbeit aufnahm, wurde für die Erkundung von Endlagern radioaktiven Abfalls ein Gremium geschaffen, das Kriterien entwickeln und alle möglichen der Standorte für die Endlagerung betrachten sollte. Die Empfehlungen des AkEnd sollten mit der nationalen und internationalen Fachwelt und mit der interessierten Öffentlichkeit eingehend erörtert werden, um Transparenz und Akzeptanz für spätere Standortentscheidungen zu schaffen.

Nach knapp vierjähriger Arbeit legte der AkEnd im Dezember 2002 seinen Abschlussbericht vor. Kernaussage des Berichts und zentrales Anliegen des AkEnd: Die Öffentlichkeit soll in einen gesellschaftlichen Diskurs eingebunden werden, in dem relevante Interessengruppen und die allgemeine Öffentlichkeit einen Konsens über den Weg zur Auswahl eines Endlagers erarbeiten. Allerdings ist es bisher nicht gelungen, die beteiligten Akteure für einen derartigen Diskurs zu mobilisieren. Insofern steht in Sachen Endlagerung nuklearer Abfälle in Deutschland – unabhängig vom Ausstieg aus der Atomenergie – ein doppeltes Problem an: Einerseits soll

Die Endlagerung von radioaktiven Abfällen

Biblis A und B könnten in der laufenden Legislaturperiode die ihnen zugeteilte Menge an Reststrom verbrauchen.



Pixelio



Schacht Konrad: umstrittenes Endlager für schwach- und mittelaktive radioaktive Abfälle.

die Entscheidung über den Standort möglichst bald getroffen werden, andererseits sollte das nukleare Endlager möglichst weit entfernt, aber nicht außerhalb Deutschlands, angesiedelt sein. Wichtige politische Akteure, wie die niedersächsische Landesregierung, die CDU sowie die Stromwirtschaft, konnten nicht für die Suche nach einem neuen Standort für das nukleare Endlager gewonnen werden. Das zuständige Bundesumweltministerium hat sich zwar an den Empfehlungen des AkEnd orientiert und 2005 Entwürfe für das Verbands- und Standortauswahlgesetz (VStG) sowie die Rechtsverordnung zu den Auswahlkriterien für einen Standort zur Endlagerung radioaktiver Abfälle vorgelegt – allerdings existierten bei SPD und Grünen unterschiedliche Einschätzungen über das Ausmaß der zivilgesellschaftlichen Beteiligung an diesem Prozess. Gleichzeitig wurde durch eine gerichtliche Entscheidung für die Gültigkeit der erteilten Betriebsgenehmigung für das Endlager „Schacht Konrad“ Fakten geschaffen.

Das umstrittene Endlager für schwach- und mittelaktive radioaktive Abfälle wurde in den 1980er Jahren weit vor den Ausstiegsverhandlungen konzipiert und sieht Lagerflächen in einem Umfang vor, die unter den Bedingungen einer Ausstiegs politik nicht benötigt werden. Auch die nach aktuellem Planungsstand vorgesehenen Kapazitäten für stark radioaktive Abfälle in Gorleben oder an einem anderen Endlagerstandort bedürften einer Neueinschätzung. Eine Auflösung dieser Widersprüche setzt neue institutionelle Strukturen voraus. Stichworte dafür wären: Aufbau von Kompetenzen und Entwicklung eines Konzepts für eine regionale Zukunftsperspektive. Erforderlich ist auch ein breiter öffentlicher Diskurs, der mittels sozialwissenschaftlicher Begleitforschung laufend untersucht und evaluiert werden sollte. Ein Dialog zwischen verschiedenen Akteuren aus Politik, umweltorientierten Verbänden und Interessengruppen, Medien, Forschungseinrichtungen, Verbrauchergruppen, Industrie und der staatlichen Verwaltung sollte nicht nur Informationen über die Endlagerung verbreiten, sondern auch die Akzeptanz für ein Endlagerungskonzept in der Bevölkerung erhöhen.

Literatur

- Fritsche, Uwe R.:** Treibhausgasemissionen und Vermeidungskosten der nuklearen, fossilen und erneuerbaren Strombereitstellung – Öko-Institut Arbeitspapier, Darmstadt, März 2007.
- Mez, Lutz:** Zur Endlagerfrage und der nicht stattfindenden sozialwissenschaftlichen Begleitforschung in Deutschland, in: Hocke, Peter/Grunwald, Armin (Hrsg.), Wohin mit dem radioaktiven Abfall? Perspektiven für eine sozialwissenschaftliche Endlagerforschung, Berlin: edition sigma 2006, S. 39–54.
- Mez, Lutz/Piening, Annette:** Phasing-Out Nuclear Power Generation in Germany: Policies, Actors, Issues and Non-Issues, in: Jänicke, Martin/Jacob, Klaus (Eds.), Environmental Governance in Global Perspective. New Approaches to Ecological Modernisation, FFU Report 01-2006, Berlin 2006, pp. 322–349.
- Mez, Lutz/Thomas, Steve/Schneider, Mycle (guest eds.):** Energy Policy and Nuclear Power – 20 Years after the Chernobyl Disaster. Special Issue of Energy & Environment, Vol. 17, No. 3, 2006, Brentwood: Multi Science Publishing.

HEYL Chem.-pharm. Fabrik
GmbH & Co. KG

Goerzallee 253 - 14167 Berlin

Antidota der Firma Heyl sind weltweit im Einsatz zur Behandlung von Menschen nach Vergiftungen mit Schwermetallen (z. B. Quecksilber oder Blei) oder nach Kontamination mit radioaktiven Isotopen wie Plutonium oder Radiocäsium!

Tel. 030 / 816 96-0 Fax 030 / 817 40 49 Email info@hey-berlin.de



An aerial photograph of a lush green agricultural field, likely corn, with distinct diagonal furrows running across the frame from the top-left towards the bottom-right. The perspective is from a high angle, looking down at the crops.

Erneuerbare Energien

Es ist noch viel zu tun

Der Nationalstaat bleibt für die Förderung erneuerbarer Energien die wichtigste Instanz, aber die deutschen Bundesländer haben ihre Möglichkeiten zur Unterstützung noch nicht ausgeschöpft. Welchen Beitrag können sie leisten?

Die unterschiedliche Nutzungsintensität erneuerbarer Energien hat für die einzelnen Bundesländer verschiedene Gründe: So scheint im Süden des Landes die Sonne stärker als im Norden. Bei einer Auswertung der regionalen Verteilung im 100.000-Dächer-Solarstrom-Programm fällt auf, dass ein Viertel der geförderten Photovoltaik-Leistung in Baden-Württemberg installiert wurde. Wegen der günstigen topographischen Gegebenheiten entfallen auch 85 Prozent der Wasserkraftanlagen, die mehr als ein Megawatt leisten, auf Bayern und Baden-Württemberg. Während es bei Solarenergie und Wasserkraft ein Süd-Nord Gefälle gibt, verhält es sich bei der Windenergie umgekehrt. Hier profitieren beispielsweise Niedersachsen und Schleswig-Holstein von ihren windigen Küsten. Die geographischen Rahmenbedingungen sind eine notwendige, aber nicht hinreichende Erklärung für die Performance eines Bundeslandes bei den erneuerbaren Energien. Verschiedene andere Faktoren, wie verfügbare fossile Energie, beeinflussen den Umfang der Nutzung: Nordrhein-Westfalen hat große Kohlevorkommen, und Niedersachsen hat Zugang zu Öl und Gas in der Nordsee. Mecklenburg-

Ost-West-Gefälle Vorpommern hingegen verfügt nicht über Öl-, Gas- und Kohlevorkommen – und hat auch kein Atomkraftwerk in Betrieb. Die ökonomische Leistungsfähigkeit der Bundesländer unterscheidet sich stark, und auch innerhalb eines Bundeslandes gibt es Unterschiede. Dabei ist insbesondere ein Ost-West-Gefälle festzustellen. Bei privaten Haushalten dürfte das einen erheblichen Einfluss auf Investitionen haben – sei es in eine private Solaranlage oder die Beteiligung an regionalen Gemeinschaftsanlagen. Für eine Politik zur Förderung erneuerbarer Energien bleibt der Nationalstaat die wichtigste Ebene. Nur wenn er (weiterhin) den Rahmen setzt, können wichtige Ziele erreicht werden – wie ein 20-prozentiger Anteil erneuerbarer Energien am Strommarkt bis 2020 und die bis zu diesem Zeitpunkt prognostizierten 300.000 Arbeitsplätzen in der Branche der erneuerbaren Energien (Ende 2005 waren es 160.000). Für die Bundesländer stellt sich damit folgende Ausgangsfrage: Wie können sie ein möglichst großes Stück vom Kuchen der geschätzten 140.000 zusätzlichen Arbeitsplätze bis 2020 bekommen? Wie kann eine regionale Cluster-Bildung gelingen?

Durch welche zu beeinflussenden Faktoren entscheiden sich Erfolg und Misserfolg eines Bundeslandes?

Die Haushaltslage der meisten Bundesländer ist schlecht, hingegen ist die Bundesförderung relativ ambitioniert. So gibt es das Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG), das Marktanreizprogramm für erneuerbare Energien (MAP) und die Steuerbefreiung oder Ermäßigung biologischer Kraftstoffe. Daher ist es für eine Landespolitik weder möglich noch nötig, den Schwerpunkt auf Programme zur Breitenförderung zu legen – abgesehen von einzelnen Nischen, in denen noch kein Massenmarkt besteht. Der Fokus sollte vielmehr auf der politischen Feinsteuerung liegen, die nicht grundsätzlich verteilend sein muss. Politische

Feinsteuerung kann verschiedene Facetten haben: Top-down-Programme wie EEG, MAP oder die Steuerbefreiung biologischer Kraftstoffe können durch Bottom-up-Maßnahmen unterfüttert werden. Dazu zählen Information, Motivation und Beratung von Bürgern oder von Landwirten. Ein gutes Beispiel dafür sind die regionalen Energieberater einiger Landwirtschaftskammern – denn jedes Gesetz ist nur so gut, wie es angewendet wird, und das kann von Bundesebene nur begrenzt beeinflusst werden. Beispielsweise kannten nur 30 Prozent der befragten Investoren in Thüringen das Marktanreizprogramm (MAP). Bundesländer, Regionen, Kommunen und einzelne Interessengruppen wie Landwirtschaftskammern sollten vor diesem Hintergrund eine „Anstoßfunktion“ ausüben: Sie sind für direkte Ansprache und Information prädestiniert, weil sie nahe am Bürger und an relevanten Akteuren und Gruppen sind und sich in den örtlichen Begebenheiten auskennen.

Zur politischen Feinsteuerung zählt auch die Vernetzung von Akteuren und Interessensgruppen. Das Bio-

Für eine Politik zur Förderung erneuerbarer Energien bleibt der Nationalstaat die wichtigste Ebene.



fatolia/Oliver Smit



Solarenergie – im Süden beliebter und wirtschaftlicher.

Priv.-Doz. Dr. Danyl Reiche



Geboren am 16. März 1972 in Hannover. Danyl Reiche habilitierte sich 2005 an der Freien Universität Berlin mit einer Länder vergleichenden Untersuchung zum Thema „Politiken zur Förderung erneuerbarer Energien“ und promovierte 1999 an der Universität Hannover über die ökologische Steuerreform. Er ist Lehrbeauftragter am Fachbereich Politik- und Sozialwissenschaften der Freien Universität, Redaktions-

mitglied der Zeitschrift „Vorgänge“ und Vertrauensdozent der Heinrich-Böll-Stiftung. An der Forschungsstelle für Umweltpolitik war er zuletzt in zwei Projekte involviert: REALISE-Forum und EE-Länder. Von August 2006 bis Juli 2007 ist Danyl Reiche Gastprofessor für Energie und Internationale Beziehungen an der School of Foreign Services (SFS) der Georgetown University in Washington DC/USA.

Kontakt

Freie Universität Berlin
 Fachbereich Politik- und Sozialwissenschaften
 Forschungsstelle für Umweltpolitik
 Ihnestraße 22
 14195 Berlin
 E-Mail: reiche01@zedat.fu-berlin.de

gas-Forum in Niedersachsen oder die AG Solar Nordrhein-Westfalen sind Beispiele für solche Netzwerke. Die AG Solar NRW wurde vom Forschungsministerium des Landes, das Biogas-Forum in Niedersachsen vom Landwirtschaftsministerium des Landes initiiert.

Nur der Staat hat die Autorität, alle relevanten Gruppen zur Mitarbeit in einem Netzwerk zu **Vernetzung**

verpflichten. Der überdurchschnittliche Entwicklungsverlauf beim Biogas in Niedersachsen (ein Drittel der deutschlandweit installierten Leistung mit 430 Anlagen Ende 2005) bestätigt den Erfolg dieser Netzwerke. Mit geringen Kosten – im Fall des Niedersächsischen Biogas-Forums wendet ein Referent im Landwirtschaftsministerium einen Teil seiner Arbeitszeit dafür auf – kann durch eine Koordination der Aktivitäten vergleichsweise viel erreicht werden. Dies fügt sich ein in das in vielen Bundesländern geltende Paradigma, den Einsatz hierarchischer Steuerung zu reduzieren. Demnach werden kooperative Aushandlungsprozesse als ein Indikator gesellschaftlicher Modernisierung bewertet. Vor allem zwei Vorteile werden für die Beteiligung gesellschaftlicher Gruppen und Akteure angeführt: Der Staat hat die Möglichkeit, Informationen zu beschaffen und kann dadurch die Akzeptanz

Gestaltungsspielräume

von politischen Entscheidungen erhöhen. Darüber hinaus können die Länder durch die Wahrnehmung gesetzlicher Regelungskompetenzen und vorhandener Gestaltungsspielräume die Bedingungen deutlich verbessern, um erneuerbare Energien einzusetzen – so das Ergebnis einer Untersuchung zu den rechtlichen Handlungsmöglichkeiten von Professor Stefan Klinski, der das Bundesumweltministerium berät. Zwar lassen die Bundesgesetze insgesamt nur wenige strategisch bedeutsame Steuerungsmöglichkeiten offen. Wo diese aber vorhanden sind, können die Länder relevante Beiträge zur besseren Erschließung leisten. Besonders ausgeprägt sind ihre Möglichkeiten auf dem rechtlich bislang noch weitgehend ungeregelten Feld der Wärmenutzung. Dort können die Länder die Baunutzung regeln und die Rechtsgrundlagen schaffen für lokale Netze der regenerativen Wärmenutzung. Strategisch von großer Bedeutung sind auch ihre Planungs- und Gestaltungsspielräume in der Raumordnung und Regionalplanung; wichtig ist dies vor allem für die Windenergie. Im Übrigen haben es die Länder in verschiedenen Rechtsbereichen vielfach in der Hand, punktuell Verbesserungen oder Erleichterungen zu bewirken, insbesondere durch den Abbau von Hemmnissen auf der Vollzugsebene.

Bundesländer können an einzelnen Punkten Vorreiterpolitik betreiben, die in die Politik anderer Länder diffundiert, etwa indem sie Innovationen fördern, die ins

ganze Bundesland und darüber hinausstrahlen. Ein aktueller Fall ist die Unterstützung der ersten Offshore-Windkraftanlage Deutschlands. Sie steht bei Rostock und wurde von Mecklenburg-Vorpommern mit 1,26 Millionen Euro bezuschusst. Beispiel für ein Leuchtturmprojekt ist eine Solarsiedlung in Nordrhein-Westfalen. Ein anderes Beispiel ist das Bioenergiedorf in Jühnde im Landkreis Göttingen, das seine komplette Strom- und Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien umgestellt hat und dafür mit dem Europäischen Solarpreis der Organisation Eurosolar ausgezeichnet wurde. Als das – allerdings mehr mit Bundes- als Landesmitteln – geförderte Projekt in Jühnde im September 2005 startete, fand dies in der Presse ein großes Echo. Grund war sicher auch, dass es auf Bundesebene kleinteilige Ziele für den Strommarkt gibt (12,5-Anteil erneuerbarer Energien bis 2010, 20 Prozent bis 2020), ebenso für den Kraftstoffmarkt (5,75 Prozent bis 2010). Projekte wie in Jühnde stehen hingegen für eine vollständige Abkehr von fossilen und nuklearen Energien und die Vision einer Vollversorgung aus erneuerbarer Energie. Solche Projekte können einerseits in ein Bundesland und darüber hinaus diffundieren und zur Nachahmung anreizen, andererseits die Basis für eine ambitioniertere Zielbildung auf Bundesebene schaffen. Das Bundesland kann

Vorbildfunktion

aber auch selbst eine Vorbildfunktion übernehmen, etwa durch sein Beschaffungswesen – und beispielsweise für seine Ministerien grünen Strom beziehen, wie das Land Berlin, das in den Jahren 2005 und 2006 ein Drittel seines Stroms vom Ökostrom-Anbieter Lichtblick

bezog. Öffentliche Liegenschaften können Flächen für Solarstrom-Gemeinschaftsanlagen zur Verfügung stellen oder den eigenen Fuhrpark mit Biokraftstoffen betanken. Mit der jüngsten EEG-Novelle ist es den Bundesländern auch möglich, selbst Anlagen zu betreiben und die EEG-Vergütung zu kassieren.

Ehrgeizige Landesziele, die über die Vorgaben der Bundesebene hinausgehen, können ein günstiges Investitionsklima für erneuerbare Energien schaffen. Ein Beispiel dafür ist der Umweltminister von Mecklenburg-Vorpommern, der sich für eine Vollversorgung seines Bundeslandes mit regenerativen Energien bis 2050 ausgesprochen hat. Wenn Bundesländer Ziele für einzelne Technologien oder einen Gesamtanteil erneuerbarer Energien beschließen, sollten diese mit einer Überprüfung verbunden sein – beispielsweise einem jährlichen Statusbericht. Einige Bundesländer haben Ziele formuliert, ohne diese in eine Evaluation einzubetten. Doch nur eine Überprüfung eröffnet die Chance auf politische Lernprozesse, aus denen – wenn nötig – Anpassungsmaßnahmen folgen, die gewährleisten, dass die Ziele erreicht werden können.

Das Mehrebenensystem von Nationalstaat, Europäischer Union, der globalen wie der kommunalen Ebene, verschafft den Bundesländern Einfluss in unterschiedlichen Sphären: Bundesländer können versuchen, ihre Interessen bei den erneuerbaren Energien über den Bundesrat in die Bundesgesetzgebung einfließen zu lassen. Küstenländer etwa haben besondere Interessen bei der Windenergie, Flächenländer bei Biomasse, und gebirgige Bundesländer bei der Wasserkraft. Ein Beispiel

Küstenländer haben ein besonderes Interesse an Windenergie.



Bundesumweltministerium



Die EEG-Novelle ermöglichte die Modernisierung von Wasserkraftwerken, hier in Rheinfelden.

ist Baden-Württemberg, das die EEG-Novelle für die sogenannte große Wasserkraft öffnen konnte, was die Modernisierung eines großen Wasserkraftwerks in Rheinfelden sicherte – mit einem Investitionsvolumen von 400 Millionen Euro das derzeit größte deutsche Vorhaben für erneuerbare Energien.

Bundesrat

Wegen des zunehmenden Einflusses der Europäischen Union auf erneuerbare Energien und Energieeffizienz sollte die Kompetenz der Länder-Repräsentanten in Brüssel gestärkt werden. Zwar arbeiten beispielsweise in der bayerischen Landesvertretung in Brüssel 35 und in der Landesvertretung Niedersachsens 19 Mitarbeiter, doch spezielle Experten für erneuerbare Energien und Energieeffizienz sind in den Landesvertretungen die Ausnahme. Einflussmöglichkeiten in der EU-Gesetzgebung bieten sich den Bundesländern über den Ausschuss der Regionen (AdR) als offizielle Institution der EU. Auf globaler Ebene versuchten 24 Regionen aus aller Welt bei der Klimakonferenz im Dezember 2005 in Montreal, Druck auf die Staatengemeinschaft für weitergehende eigene Anstrengungen im Klimaschutz auszuüben. In ihrer Abschlussdeklaration verpflichteten sich diese Regionen – darunter Kalifornien, São Paulo und Bayern – die eigenen Emissionen an Treibhausgasen zu reduzieren. Nach der Sicht auf die globalen, europäischen und nationalen Möglichkeiten der Länder stellt sich die Frage, wie ein Bindeglied zwischen Landesebene und kommunaler Ebene hergestellt werden kann. Eine Rolle können Energieagenturen auf Landes- oder Regionalebene spielen. Allerdings haben einige Länder wie Niedersachsen ihre Landes-Energieagenturen aufgelöst und nur zum Teil Institutionen geschaffen, die vergleichbare Aufgaben wahrnehmen – im Fall Niedersachsens das Kompetenzzentrum 3N für Biomasse. Bundesländer können sich austauschen, um voneinander zu lernen, oder sich vernetzen, um ihre Ka-

pazitäten zu bündeln und zu stärken. Beispiele für bilaterale Partnerschaften sind das Abkommen von Bayern und Quebec (Kanada) zum Einsatz von Biotreibstoffen, die Kooperation zwischen den Ländern Bremen und Niedersachsen

Bilaterale Partnerschaften

„zur Entwicklung und Nutzung der ökonomischen, ökologischen und wissenschaftlichen Potenziale der On- und Offshore-Windenergie“, oder die Partnerschaft „Biomasse für SunFuel“ von Brandenburg, Hessen und Niedersachsen. Ein Netzwerk auf Bundesebene ist der Zusammenschluss der Energieagenturen der Bundesländer (EAD), auf europäischer Ebene die Organisation „Versammlung der Regionen Europas“.

Die vielfältigen Möglichkeiten für die Bundesländer, sich zugunsten erneuerbarer Energieträger zu positionieren, und deren tatsächliches Engagement zeigt, dass viele Bundesländer ihre Möglichkeiten nicht ausschöpfen. Dabei bieten die erneuerbaren Energien neben ihrem Beitrag zum Klimaschutz auch die Möglichkeit, neue Unternehmen anzusiedeln und Arbeitsplätze zu schaffen. Wenn zwischen den Bundesländern erst ein Wettbewerb um den attraktivsten Standort für Unternehmen im EE-Sektor einsetzt, kann dies nicht nur sicherstellen, dass nationale Energieziele erreicht werden, sondern möglicherweise dazu beitragen, dass diese sogar übertroffen werden.

Das Bioenergiedorf in Jühnde im Landkreis Göttingen stellte seine komplette Strom- und Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien und wurde dafür mit dem Europäischen Solarpreis der Organisation Eurosolar ausgezeichnet.





Bio im Tank

Von neuen und alten Kraftstoffen

INTERVIEW MIT JAN CH. STROBEL

Viele Experten sagen, dass die Ölvorkommen in 50 Jahren aufgebraucht sein werden. Schon heute müssen also Mineralölkonzerne und Automobilhersteller über Alternativen zu Benzin oder Diesel nachdenken. Wie werden die Kraftstoffe der Zukunft aber aussehen? Und wie sieht die Zukunft der Mineralölkonzerne aus? fundiert sprach mit Jan Strobel über die Alternativen, die Strategien der Mineralölkonzerne und die Auswirkungen auf die Landwirtschaft.

fundiert: Herr Strobel, womit fahren unsere Autos in Zukunft?

Strobel: Das ist eine heiß debattierte Frage. Die Kraftstoffstrategie der Bundesregierung sieht Wasserstoff als den Kraftstoff der Zukunft vor. Mittlerweile werden aber auch sehr viele Zwischenschritte diskutiert, zum Beispiel synthetische Kraftstoffe, die aus Kohle, Erdgas oder Biomasse gewonnen werden. Das sind die alternativen Kraftstoffe der sogenannten zweiten Generation – die erste Generation besteht aus Biodiesel, Rapsöl oder Ethanol. Der Kraftstoffbereich ist sehr stark in Bewegung. Alle suchen nach dem Kraftstoff der Zukunft, aber niemand kennt ihn wirklich.

fundiert: Aber das Ziel ist Wasserstoff?

Strobel: Ja, das hat mehrere Gründe: Erstens ist Wasserstoff emissionsneutral, das heißt, es entsteht bei der Umwandlung in der Brennstoffzelle nur Strom und Wasser. Zweitens hat der mit dem Strom angetriebene Elektro-

motor einen wesentlich höheren Wirkungsgrad als der Verbrennungsmotor. Drittens lässt sich Wasserstoff aus vielfältigen Quellen herstellen: Entweder aus Strom, der aus Wind- oder Wasserkraft, aus Solaranlagen oder ganz normalen Kraftwerken kommen kann. Oder man gewinnt ihn direkt aus Erdgas oder Biomasse.

fundiert: Ist Wasserstoff reif für den Markt?

Strobel: Nein. Es gibt zwar schon Wasserstofftankstellen, auch hier in Berlin. Dort tanken aber in der Regel Demonstrationsfahrzeuge. Und der Wasserstoff wird aus Erdgas hergestellt. Es ist also noch nicht das, was man sich als nachhaltige Wasserstoffwirtschaft wünschen würde. Außerdem ist sowohl die Brennstoffzelle als auch die für die Verteilung des Wasserstoffs notwendige Infrastruktur noch sehr teuer.

fundiert: Wie sieht es mit den Zwischenschritten aus, mit den alternativen Kraftstoffen?

Strobel: Unterstützt von der Automobilindustrie und den Energieversorgern hat die Bundesregierung Erdgas als Zwischenschritt hin zur Wasserstoffgesellschaft gesehen und es von der Mineralölsteuer befreit. Die erste Generation von Biokraftstoffen dagegen, also Biodiesel und jetzt langsam auch Ethanol, war in Deutschland lange Zeit eine Geschichte von Mittelständlern und der Landwirtschaft. Gefördert wurde das insbesondere von Volkswagen durch die Freigabe von Fahrzeugen für den Betrieb mit Biodiesel. Die Mineralölkonzerne haben sich dort bis 2004 nicht engagiert, jedenfalls nicht in Deutschland.

Steht der Anbau von Vorprodukten für Biomasse in Konkurrenz zum Anbau von Nahrungsmitteln?



photo: case

fundierte: Dafür im Ausland?

Strobel: BP und Shell haben in den USA und Brasilien früher angefangen, dem Benzin Ethanol beizumischen, weil es in diesen Ländern schon seit den beiden Ölkrisen Ethanol-Programme gibt. In Deutschland kam diese Entwicklung erst 2004 mit der Steuerbefreiung für die Beimischung von biogenen Kraftstoffen. Erst damit ist dieser Bereich für die Mineralölkonzerne attraktiv geworden.

fundierte: Wie geht es weiter?

Strobel: Bis wir Wasserstoff auf dem Markt haben, wird es noch dauern – wenn er denn überhaupt kommt. Zwar hat DaimlerChrysler noch Anfang des Jahrzehnts davon gesprochen, dass sie Wasserstoff-Fahrzeuge serienmäßig produzieren wollen. Das hat sich aber immer weiter nach hinten verschoben. Gleichzeitig sind die biogenen

Kraftstoffe auf den Markt gekommen. Die EU-Kommission hat für 2010 einen Biokraftstoffanteil von 5,75 Prozent vorgegeben und diskutiert gerade das Ziel von 10 Prozent für 2020. Da entwickelt sich also ein eigener Markt, in den die Mineralölkonzerne hineinkommen wollen. Dafür entwickeln sie ihre eigenen Produkte, die ihren Ansprüchen gerecht werden und besser in ihre Wertschöpfungskette integrierbar sind als Biodiesel, den man einfach nur in der Raffinerie zumischt.

fundierte: Schadet der großflächige Anbau für Biokraftstoffe der Natur?

Strobel: Der Anbau für Biokraftstoffe unterscheidet sich nicht vom Anbau für Lebensmittel, das heißt es hängt davon ab, wo und in welcher Form dieser Anbau stattfindet. Die Landwirtschaft ist übrigens ein grundsätzlicher Treiber für die Verwendung von Biomasse als Kraftstoff wie Biodiesel und Ethanol, da sie ein Interesse daran hat, einen weiteren Absatzmarkt für ihre Produkte zu finden. Das hat aber auch Nebeneffekte. So hat die Ethanolproduktion in den USA dazu geführt, dass die Preise für Mais stark gestiegen sind. Das freut die Landwirtschaft, den Verbraucher natürlich weniger. Mais ist auch ein Exportprodukt in die Entwicklungsländer. Diese Länder müssen jetzt teureren Mais kaufen, da weniger aus den USA exportiert wird.

fundierte: Es gibt also eine Nutzungskonkurrenz.

Strobel: Nein, das wird zwar immer wieder angeführt, aber es ist doch eher so, dass wir gerade in Europa und den USA in der Nahrungsmittelproduktion Überkapazitäten haben, die subventioniert auf den Weltmarkt gebracht werden. Die Verwendung von Mais, Getreide, Zuckerrüben und Pflanzölen für die Kraftstoffproduktion ist also eher eine ethische Frage – wobei früher unser Transportmittel Pferd auch vom Acker ernährt wurde. Shell und Volkswagen adressieren diese Frage, indem sie die Kraftstoffe der zweiten Generation fördern. Diese Kraftstoffe greifen nicht in den Lebensmittelmarkt ein, weil sie aus Abfallstoffen der Landwirtschaft hergestellt werden kann.

fundierte: Die zweite Generation wird also nicht extra angebaut, sondern man nutzt das, was übrig bleibt?

Strobel: Man kann das nutzen, was übrig bleibt. Es kann aber auch dazu führen, dass extra angebaut wird. Das wären dann allerdings schnell wachsende Energiepflanzen wie Pappeln und Weiden, die kein klassisches landwirtschaftliches Produkt sind.

Jan Christopher Strobel



Von 1996 bis 2004 Studium der Politikwissenschaft und der Neueren Geschichte, Schwerpunkt Osteuropäische Geschichte, an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen und an der Universität Uppsala (Schweden). August 2003 Masterarbeit zum Thema: „Stabilität und Wandel. Die Liberalisierung der schwedischen Telekommunikation und die Messung von Pfadwechseln“. Im April 2004 Erlangung des Grades eines Master

Artium (MA), Eberhard-Karls-Universität Tübingen. Von März bis Oktober 2004 wissenschaftliche Mitarbeit am Institut für Politikwissenschaft, Tübingen. Von November 2004 bis Februar 2005 Praktikant im Ostseerat (CBSS)/Abteilung Baltic 21, Stockholm.

Seit April 2005 Doktorand im DFG-Graduiertenkolleg „Pfade organisatorischer Prozesse“. Dissertationsvorhaben: „Auf dem Weg zu neuen Automobilkraftstoffen? Eine Pfadkreationsperspektive auf das Agieren von Mineralölkonzernen im Bereich alternative Kraftstoffe“.

Kontakt

Freie Universität Berlin

Fachbereich Wirtschaftswissenschaft

Graduiertenkolleg: „Pfade organisatorischer Prozesse“

Garystraße 21

14195 Berlin

Tel.: 030 – 838 571 85

Fax: 030 – 838 571 86

E-Mail: jan.strobel@wiwiss.fu-berlin.de



fundiert: Wo sollen die riesigen Anbauflächen herkommen, um den Energiebedarf zu decken?

Strobel: Da ist die Frage, welches Ziel man hat: Wie groß soll der Marktanteil von biogenen Kraftstoffen sein? Welche Kraftstoffgeneration soll es sein? Wie viel darf das kosten? Und soll der Kraftstoff importiert oder in Deutschland produziert werden? Das EU-Ziel von 10 Prozent biogener Kraftstoff ist hinsichtlich der in Europa zur Verfügung stehenden Flächen und Produktionskosten bereits sehr ambitioniert. Es wird also auf Importe hinauslaufen. Da aber der weltweite Kraftstoffbedarf weiter wächst, ist es sinnvoll, weiter an der Effizienz der Fahrzeuge zu arbeiten und nach neuen, effizienteren Kraftstoffen und Antrieben Ausschau zu halten.

fundiert: Wie arbeiten Automobilbranche und Mineralölkonzerne bei den neuen Kraftstoffen zusammen?

Strobel: Die Automobilkonzerne haben hohe qualitative Ansprüche an den Kraftstoff. Das hängt wiederum damit zusammen, dass die Autoindustrie den EURO-Normen ausgesetzt ist, die immer schärfer werden und die zu einer teureren Abgasnachbehandlung führen. Dabei gilt: Je besser der Kraftstoff, desto weniger Schadstoffe und desto günstiger die Abgasnachbehandlung beziehungsweise die Erfüllung der EURO-Normen. Deswegen will die Automobilindustrie von den Mineralölunternehmen möglichst gute Kraftstoffe haben.

fundiert: Abgasnachbehandlung, was heißt das?

Strobel: Das sind Katalysatoren und Rußpartikelfilter. Je besser der Kraftstoff ist, desto günstiger kann man das gestalten. Die synthetischen Kraftstoffe der zweiten Generation zum Beispiel weisen bei der Verbrennung sehr gute Eigenschaften auf und erfordern deshalb eine geringere Abgasnachbehandlung.

fundiert: Sie untersuchen hauptsächlich die beiden europäischen Konzerne BP und Shell. Ist die Situation bei amerikanischen Konzernen ähnlich?

Strobel: Es gibt Unterschiede, vor allem im öffentlichen Auftreten. Shell kommuniziert sein Engagement bei den synthetischen Kraftstoffen sehr stark. Sie sind da wohl auch schon sehr weit im Vergleich zu ihren Wettbewerbern. BP hat sich mit der neuen Namensgebung „Beyond Petroleum“ gewissermaßen selbst dazu verpflichtet, sich im Bereich der alternativen Kraftstoffe zu engagieren. Diese europäischen Unternehmen fühlen sich also verpflichtet oder sind unter Zugzwang, etwas zu tun. Aber auch die amerikanischen Unternehmen tun etwas. Exxon Mobil hat zum Beispiel sehr viel Erfahrung mit synthetischem Kraftstoff auf Kohlebasis. Schon in den 1980er Jahren hat das Unternehmen in dem Bereich geforscht und Patente angemeldet. Und Chevron hat zusammen mit dem südafrikanischen Konzern Sasol ein gemeinsames Unternehmen zur Produktion synthetischer Kraftstoffe aus Erdgas gegründet.

fundiert: Und wie hängen die beiden Industriezweige Auto und Mineralöl derzeit zusammen?

Im Interesse der Automobilindustrie: je sauberer die Kraftstoffe, desto einfacher die Abgasnachbehandlung.



Foto: Thomas Nybelen

Strobel: Die Schnittstelle ist die Abstimmung von Antriebssystem und passendem Kraftstoff. Dafür gibt es Kooperationen in der Forschung, bevor etwas auf den Markt kommt. Aber sobald etwas in den Markt eingeführt wird, geht es um Geld und damit teilweise auch um konkurrierende ökonomische Interessen. Ein schönes Beispiel für die Kooperation ist das gemeinsame Engagement von Volkswagen, DaimlerChrysler und Shell bei den synthetischen Kraftstoffen aus Erdgas und Biomasse.

fundierte: Und wer ist der stärkere Partner, der sagt, wo es lang geht?

Strobel: Deutschland ist ein Autoland, in dem die Automobilindustrie wesentlich mehr politischen Einfluss ausüben kann als die Mineralölkonzerne. Der Grund ist einfach der, dass es seit dem Kauf von Aral durch BP und der Übernahme des Tankstellengeschäfts von DEA durch Shell kein eigenständiges großes deutsches Mineralölunternehmen mehr gibt, und dass die Mineralölindustrie in Deutschland einfach weniger Arbeitsplätze sichert als die Automobilindustrie. Wenn die Mineralölkonzerne den Autobauern nicht weit genug entgegenkommen, können es die Automobilkonzerne deshalb immer noch über die politische Regulierung versuchen.

fundierte: Welche Aktivitäten entwickeln Staaten, um alternative Kraftstoffe zu entwickeln?

Strobel: Die Staaten tun sehr viel, gerade Deutschland. Der gesamte Markt ist stark politikgetrieben. Er funktioniert über Steuererleichterungen, Beimischquoten, Forschungsgelder und Bürgschaften. Aber es müssen auch Akteure aus dem Markt mitspielen.

fundierte: Ganz ersetzt werden fossile Kraftstoffe nicht?

Strobel: Wir müssen uns wohl damit abfinden, dass wir noch ein paar Jahrzehnte von fossilen Brennstoffen abhängig sein werden.

fundierte: Wie lange reichen die denn noch? Die Zahlen unterscheiden sich ja massiv – von 30 bis 100 Jahren.

Strobel: Da gibt es zwei Probleme: Erstens handelt es sich bei den Zahlen um die statische Reichweite des Erdöls, das heißt, um die Reichweite der heute gesicherten Reserven bei der heutigen Förderquote, heutiger Fördertechnologie und heutigen Preisen. Damit sind diese vier dynamischen Faktoren aber konstant gesetzt worden. Das zweite Problem ist, dass einige Reserven, wie die des größten Förderlandes Saudi-Arabien,



Auf absehbare Zeit sind fossile Brennstoffe nicht zu ersetzen.

nicht von unabhängiger Seite geprüft werden können. Der CO₂-Ausstoß ist aber das größere Problem als die Endlichkeit des Öls.

fundierte: Wir vergiften uns, bevor das Öl zu Ende ist?

Strobel: Genau. Hinzu kommt der volkswirtschaftliche Aspekt: Die steigende Nachfrage nach Öl durch Indien und China führt zu steigenden Preisen. Gleichzeitig wird es für private Mineralölunternehmen schwerer, an neue Reserven heranzukommen, da der Wettbewerb um leicht zugängliche Reserven beständig zunimmt. Das führt dazu, dass die Firmen auch auf schwieriger förderbare Vorkommen zurückgreifen. Das lohnt umso mehr, je stärker der Ölpreis steigt. Ölsande in Kanada zum Beispiel oder Tiefsee-Öl.

fundierte: Rechnet sich das?

Strobel: Ein steigender Ölpreis ist gut für beides: Für alternative Energien und für die Förderung schwer zugänglicher Ölreserven. Da profitieren beide Alternativen.

fundierte: Haben sich die Ölfirmen beziehungsweise die ölproduzierenden Länder auf die Endlichkeit des Öls vorbereitet?

Strobel: Das hängt vom Land ab. Norwegen steckt zum Beispiel das mit Öl erwirtschaftete Geld in einen Zukunftsfonds. Kuwait hat sein Geld sehr aktiv im Ausland angelegt. Die sehen schon, dass sie ihre Gelder irgendwo anlegen müssen. Für die ist das aber ein mittel- bis langfristiger Prozess. Akut ist das nicht. Außerdem gilt: Je knapper das Öl wird, desto teurer wird es. Und die Produzenten verdienen mit weniger Öl genau so viel Geld wie heute.

fundierte: Vielen Dank für das Gespräch.

Das Gespräch führten Oliver Trenkamp und Bernd Wannenmacher.





Chinas Hunger auf Energie – und seine (amerikanische) Konkurrenz

Als der Ölpreis 2004 die 30-Dollar-Marke pro Barrel überstieg, stand in den Medien mit China der Schuldige schnell fest. Die Steigerung des chinesischen Energiebedarfs sei nicht vorhersehbar gewesen. Der Preisanstieg hatte aber noch eine andere Ursache: der nachrüstungsbedingte Ausfall US-amerikanischer Raffinerien und die in Folge stark erhöhten Importe von Mineralölprodukten in die USA. Tatsächlich hatte aber China seinen Anteil: Seit die Wirtschaftsreform Deng Xiaopings aus dem Jahr 1979 greift, wächst die chinesische Wirtschaft jährlich um 9,5 Prozent.

Die Energiesituation in China

Dieses Wachstum steigert den Energiebedarf enorm – zwischen 2002 und 2005 um 65 Prozent. Der Anteil am Weltenergieverbrauch beträgt lediglich 13,6 Prozent. Zwar ist China damit zum zweitgrößten Erdölkonsumenten nach den USA aufgestiegen, von einem überraschenden Mehrbedarf an Energie kann jedoch keine Rede sein. Doch wie wird sich der Energiebedarf in China entwickeln, und wie können zukünftige Konflikte

mit anderen Akteuren um Energiequellen vermieden werden? Bis 1993 war China Nettoexporteur von Erdöl. Seither hat sich das

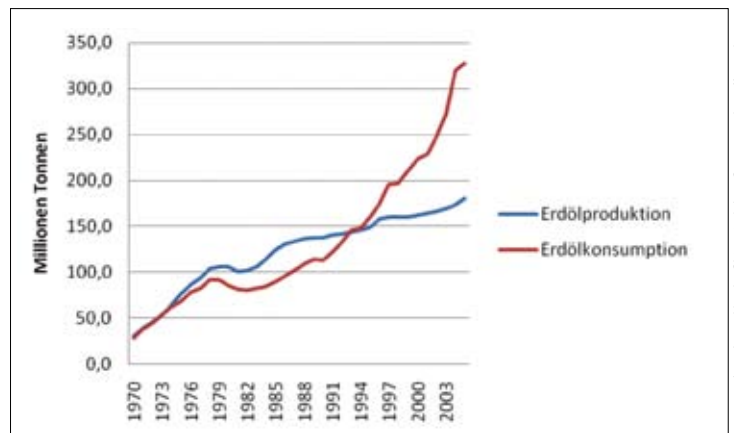
Bruttoinlandsprodukt fast verdreifacht und der Erdölbedarf mehr als verdoppelt. Wachsende Mobilität und Produktion sowie der Ausbau von Handelswegen und die fortschreitende Globalisierung werden diesen Trend verstärken. Die International Energy Agency (IEA) prognostiziert bis 2030 einen weltweiten jährlichen Anstieg des Konsums an Primärenergie um 1,7 Prozent auf 16,5 Milliarden Tonnen Öläquivalent (Toe). Chinas Anteil wird bis dahin auf circa 15 Prozent anwachsen – der Erdgasverbrauch bis 2030 um jährlich 1,6 Prozent, der Bedarf an Erdöl um 11,2 Prozent. 2006 importierte die Volksrepublik täglich 447.000 Tonnen Öl, was ungefähr der Hälfte des Gesamtbedarfs entspricht. Um den Verbrauch von fossilen Energieträgern einzudämmen, plant China bis 2020, 16 Prozent seines Bedarfs aus erneuerbaren Ressourcen zu beziehen und dafür 187 Milliarden US-Dollar zu investieren. Die IEA prognostiziert einen steigenden Energiekonsum Chinas von 2,6 Prozent pro Jahr bis 2030 – vor allem im Transportsektor wird der Bedarf um 4,6 Prozent steigen. Dies wird hauptsächlich beim Öl- und Gasbedarf Konsequenzen haben, da bei Fahrzeugen eine Umstellung auf erneuerbare Energien in der nächsten Dekade nicht abzusehen ist. Zur Deckung des zusätzlichen Öl- und Gasbedarfs wird ein höheres Engagement in Afrika, Südamerika und zunehmend auch der Kaspischen Region erwartet. Um den wachsenden Bedarf an Energie zu sichern,

adaptierte Beijing 2002 die sogenannte „Zou chu qu“-Strategie („Schwärmt aus“). Über die Sicherung von Eigentumsrechten an Energieressourcen und entsprechender Transportinfrastruktur sollen vorwiegend die drei großen nationalen Ölkonzerne *China National Petroleum Corp. (CNPC)*, *China National Petrochemical Corporation (Sinopec)* und *China National Offshore Oil Corporation (CNOOC)* dieses Ziel in die Tat umsetzen.

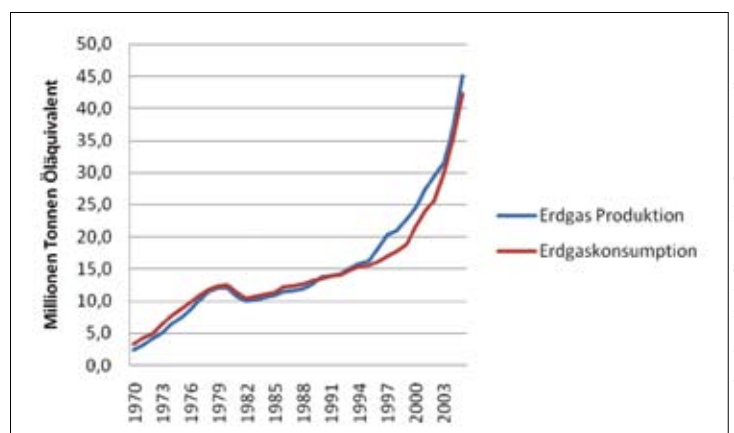
Der Kampf um Marktanteile

Die nationalen Konzerne sind jedoch verspätet auf dem Weltmarkt für Erdöl aufgetreten und konkurrieren dort mit großen westlichen Firmen, die mehrere Jahrzehnte Zeit hatten, um langfristige Beziehungen aufzubauen, Erfahrungen in Exploration und Produktion zu sammeln sowie in jenen Produzentenstaaten zu investieren, die ihre Ressourcen nicht rein staatlich vermarkten. Fast alle großen Ölfelder waren somit unter westlichen Konzernen aufgeteilt oder unter staatlicher Kontrolle der Produzentenstaaten.

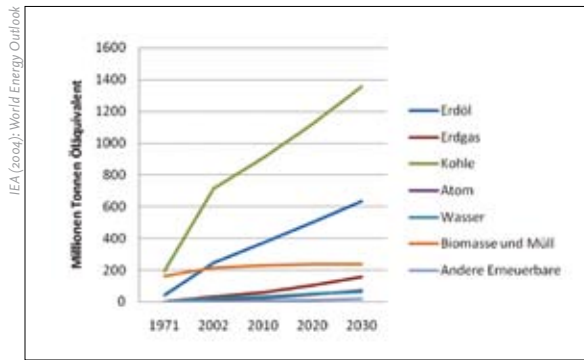
Chinesische Ölkonzerne müssen somit in Staaten investieren, denen gegenüber andere Firmen Vorbehalte hinsichtlich der Sicherheit oder des politischen Systems haben. Für die Suche nach Kapazitäten in Übersee knüpfte China enge diplomatische Beziehungen zum



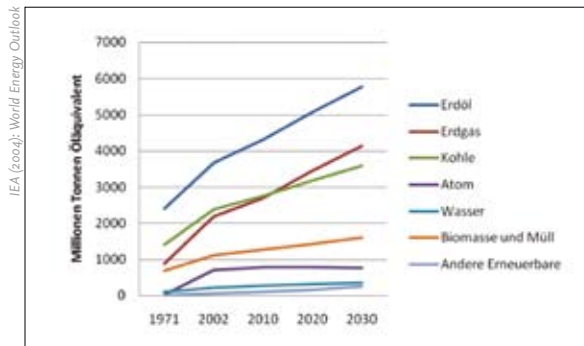
Chinas Erdölproduktion und -konsumtion (1970 bis 2005).



Chinas Erdgasproduktion und -konsumtion (1970 bis 2005).



Chinas Energiebedarf.



Weltweiter Energiebedarf.

Dipl.-Pol. Matthias Adolf



Geboren 1970 in Sindelfingen. Von 1995 bis 1998 studierte er Alte Geschichte, Philosophie und Logik- und Wissenschaftslehre an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. 1998 wechselte er an die Freie Universität Berlin und schloss das Studium der Politikwissenschaft 2004 mit dem Diplom ab. Seit 2005 promoviert Matthias Adolf in der Stipendiatengruppe „Energiepolitik in der kaspischen Region“ zum Thema „Die Bedeutung der kaspischen Energieressourcen für die Volksrepublik China“.

Er hat mehrere Artikel zur Energie- und Sicherheitspolitik verfasst. Sein jüngster Beitrag: „China versus Amerika: Der neue Kampf um Afrika“ erschien im April 2007 in den „Blättern für deutsche und internationale Politik“.

Kontakt

Freie Universität Berlin
 Fachbereich Politik- und Sozialwissenschaften
 Otto-Suhr-Institut für Politikwissenschaft
 Forschungsstelle für Umweltpolitik
 Ihnestraße 22, 14195 Berlin
 Tel.: 0176 – 237 067 10
 Fax: 030 – 838 566 85
 E-Mail: madolf@zedat.fu-berlin.de

Iran, zum Sudan, zu Usbekistan und zu Venezuela – Staaten, die konträr zu den Interessen der USA oder der EU handeln. Chinas Ölkonzerne bedienen sich einer weiteren Methode, um Marktanteile auf dem internationalen Ölmarkt zu akquirieren: bei Bieterwettbewerben möglichst hohe Angebote abzugeben, die die Konkurrenz als überzogen betrachtet. Mit etwa 1,2 Billionen US-Dollar an Währungsreserven, davon 310 Milliarden Dollar in US-Staatsanleihen, verbleibt dafür genügend Geld. Ein Beispiel ist das Bieterverfahren zwischen der staatlichen indischen *Oil and Natural Gas Corporation*, der russischen *Lukoil* und *CNPC*. Alle hatten Interesse am zweitgrößte kasachischen Ölkonzern *PetroKazakhstan*, der 12 Prozent der kasachischen Ölreserven kontrolliert. Der chinesische Konzern *CNPC* bekam den Zuschlag für 4,18 Milliarden US-Dollar. Immerhin 21 Prozent über dem damaligen Marktwert laut Aktienkurs und eine Milliarde mehr als das indische Angebot. Wie ist Chinas Energiesicherheitsstrategie also aufgebaut, wenn seine staatlichen Ölfirmen Konkurrenten mit mehr als einer Milliarde US-Dollar und ohne Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit des Unterfangens aus dem Rennen wirft?

Energiesicherheit wird vom *United Nations Development Program* (UNDP), dem Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen (UNO), als „Verfügbarkeit von Energie, zu jeder Zeit und in verschiedenen Formen, in ausreichender Menge und zu erschwinglichen Preisen“ definiert. Meist wird diese Strategie national gesteuert und ist in Ministerien angesiedelt. In China besteht sie jedoch aus einem Bündel von Ad-hoc-Initiativen – manche staatlich koordiniert und initiiert, andere marktorientiert. Obwohl China einen „strategischen“ Zugang zur Energie aufbaut, gibt es keine zentrale Institution, die eine solche Strategie entwickelt und verwaltet. Um eine politische Kontinuität in den internationalen Märkten einzuhalten, wurden Mitte der 1980er Jahre drei vertikal integrierte staatliche Ölkonzerne aufgebaut: *CNPC* (Exploration und Produktion), *Sinopec* (Raffinerie und Vertrieb) und *CNOOC* (Offshore), die in den Jahren 1999 bis 2001 Tochterunternehmen gründeten und an internationale Börsen brachten. Diese Maßnahmen finden sich in der *China Energy Strategy Study* (2000–2050), dem *Eleventh Five-Year-Plan* (2006–2011) und *China's Medium and Long-Term Energy Development Plan* (2004–2020). Mit dem Development Plan soll die Energiestruktur optimiert und Energieprojekte rationalisiert und koordiniert werden. Die Versorgung soll über eigene technische Innovationen im Energiesektor verbessert werden. Zudem will die Regierung Umweltschutzmaßnahmen und die Diversifizierung von

Die Energiesicherheitsstrategie



Energiequellen und Produzentenstaaten vorantreiben, damit sich ein klassischer Marktmechanismus entwickeln kann. Die Hauptpunkte des elften Fünfjahresplans, aufbauend auf dem zehnten, sind die Entwicklung der heimischen Öl- und Gasindustrie, die Steigerung der Energieeinsparung und -effizienz sowie die Umweltverträglichkeit. Dafür sollen strategische Ölreserven angelegt, Produzentenländer und Energiequellen ausgeweitet, eine Sicherungsstruktur für den Import aufgebaut, Anreize für ausländische Investoren in die chinesische Energiebranche geschaffen sowie in den Auf- und Ausbau regionaler Produktionsstätten und Pipelines investiert werden.

Dennoch bleiben für die chinesische Regierung Hindernisse bestehen: das Fehlen einer einheitlichen nationalen Energiepolitik und die hohen Kosten für Produktion und Transport. Da die meisten Gasreserven Chinas weit entfernt sind von den internationalen Märkten, werden Milliarden US-Dollar benötigt, um Pipelines zu bauen – Kosten, die vermehrt auf ausländische Investoren abgewälzt werden. So war es eine strategische Entscheidung, die West-Ost-Pipeline vom Tarimbecken im äußersten Westen Chinas nach Shanghai fertigzustellen, trotz Risiken und hoher Kosten. Um den Hindernissen zu begegnen, verstärkte die Volksrepublik das Engagement im Ausland über die „Schwärmt aus“-Strategie. Diese Strategie enthält eine breite Kampagne der drei nationalen Ölkonzerne Chinas, um Investitionen in ausländische Öl- und Gasfelder zu sichern und Langzeitverträge über Rohöl und *Liquidified Natural Gas* (LNG) mit vielen Exporteuren abzuschließen. Gleichzeitig wird der Bau neuer Pipelines ausgeweitet. Insgesamt haben Chinas nationale Ölkonzerne in Übersee Produktionsanteile von 400

Zou chu qu – schwärmt aus!

bis 500 Tausend Barrel am Tag, das sind circa 15 Prozent der chinesischen Ölimporte. Beijing hat Energie-Allianzen mit dem Iran und dem Sudan, mit Russland, Kasachstan, Saudi-Arabien, Brasilien, Venezuela, Angola und Nigeria vereinbart, wodurch sich China als Akteur etabliert hat. 2004 kamen mehr als 45 Prozent der chinesischen Ölimporte aus dem Nahen Osten – 5 Prozent weniger als 2003. Allein der Iran deckt 11 Prozent des chinesischen Importvolumens. Im Oktober 2004 unterzeichnete *Sinopec* einen Vertrag mit Teheran in Höhe von 70 Milliarden US-Dollar: der bisher größte Abschluss mit einem OPEC-Produzenten. Beijing verpflichtete sich, das Yadavaran-Ölfeld zu entwickeln und in den nächsten 30 Jahren 250 Millionen Tonnen LNG abzunehmen. Teheran soll laut Vereinbarung in den nächsten 25 Jahren täglich 150.000 Barrel Öl nach China exportieren.



Eigene Zusammensetzung nach Liao, Xuanli (2007): Central Asia and China's Energy Security, Central Asia-Caucasus Institute.

Für China relevante Pipelines in Kasachstan.

2005 kamen fast 30 Prozent der chinesischen Rohölimporte aus Afrika. Zwischen 2003 und 2004 stieg der Anteil afrikanischen Öls um circa 18 Prozent. Für eine Zusammenarbeit sind die Staaten um den Golf von Guinea, von Angola bis Nigeria sowie die zentralafrikanischen Republiken Tschad, Kongo, Libyen, Niger und Sudan interessant für Beijing.

Für die zentralasiatischen Staaten sind die Investitionen Chinas in den Öl- und Gassektor eine Chance, sich aus der Kontrolle Russlands zu lösen. Gerade in dieser Region verhandeln chinesische Politiker über ambitionierte Pipeline-Projekte, um sich aus der Abhängigkeit internationaler Future- und Spot-Märkte zu lösen – wie eine geplante Gas-Pipeline aus Turkmenistan. In Kasachstan ist vor allem

Die kaspischen Energiere Ressourcen

CNPC tätig. Der Konzern besitzt rund 85 Prozent der *Aktobemunaigas Corporation* und 50 Prozent Explorations- und Entwicklungsblöcke des North-Buzachi-Öl- und Gasfeldes im Nordwesten Kasachstans, die beide der britischen *Nimir Petroleum Bars Holding BV* und *Chevron Texaco* gehörten. 2005 übernahm CNPC schließlich die kanadische *Petro Kazakhstan*. Zudem hält CNPC neben der kasachischen staatlichen *KazMunaiGaz* einen 50-Prozent-Anteil an der 2005 fertiggestellten Atasu-Alashankou-Pipeline mit einer vorläufigen Kapazität von 200.000 und einer Endauslastung von 400.000 Barrel am Tag.

Die Pipeline gilt als Startpunkt der chinesischen Pipeline-Politik in der Kaspischen Region, mit dem Plan, eine „Panasiatische Globale Energiebrücke“ aufzubauen. Russisches, kaspisches sowie iranisches Öl und Gas sollen in Richtung Pakistan, Indien, Zentralasien und in die Volksrepublik geleitet werden. Der Bau einer weiteren Pipeline wurde im April 2006 mit Turkmenistan vereinbart. Bis 2009 soll eine Erdgas-Pipeline entstehen, über die China in 30 Jahren 30 Milliarden Kubik-

meter Gas beziehen will. Eine andere Pipeline soll von Turkmenistan über Usbekistan nach China führen. Bereits im Juni 2004 unterzeichnete CNPC mit der usbekischen *Uzbekneftegaz* Kooperations-Verträge für Erdöl und Gas.

China etabliert sich über diese Investitionen nicht nur als Konsument, sondern zunehmend als Energieversorger in der Kaspischen Region – was wiederum den politischen und wirtschaftlichen Einfluss vor Ort steigert und die Interessen anderer Akteure berührt.

Nach dem 11. September errichteten die USA in verschiedenen zentralasiatischen Staaten Armeestützpunkte und intervenierten in Afghanistan. Offizieller Grund war die Bekämpfung des internationalen Terrorismus, inoffiziell ging es darum, die Einkreisungspolitik gegenüber Russland, China sowie dem Iran weiterzuführen. Über ihre militärische Präsenz in der Region ver-

Wettlauf um die Energieressourcen der Kaspischen Region

suchen die USA, die Investitionen angloamerikanischer Konzerne zu sichern. Die Motivation der USA, „Nachbar jeder Ölquelle“ zu sein, rührt auch daher, den Handel mit Erdöl und Erdgas in der Weltwährung US-Dollar aufrechtzuerhalten. Würde Öl beispielsweise hauptsächlich in Euro gehandelt, entfielen für die USA die Vorteile der Weltwährung, und sie würden ihre Vormachtstellung unter anderem auf den Finanzmärkten verlieren.

Um dem wachsenden amerikanischen Einfluss in der Kaspischen Region zu begegnen, verstärkte Russland die Bedeutung der *Organisation des Vertrages über kollektive Sicherheit* (OKVS), einem militärischen Bündnis, dem Russland, Belarus, Kasachstan, Kirgistan, Tadschikistan und Armenien angehören. China hob im Juni 2001 die *Shanghai Cooperation Organization* (SCO) mit den Mitgliedern China, Russland, Kasachstan, Tadschikistan und Usbekistan aus der Taufe. Beide Organisationen konnten den Druck auf zentralasiatische Staaten so erhöhen, dass diese die Kooperation mit den USA einschränkten.

Der Kreml erachtet Energieträger als strategisches Instrument in Zentralasien, um seinen ehemaligen Status als Energie-Supermacht wiederherzustellen. So stammen momentan 15 Prozent der russischen Gasexporte aus dem „nahen Ausland“. Also versuchen *Lukoil* und *Gazprom* Konkurrenten bei Direktinvestitionen aus Kasachstan, Turkmenistan und Usbekistan herauszuhalten – selbst gegen deren Eigeninteressen. Als Versorger für China tritt Russland auch auf, um ein energiepolitisches Druckmittel gegen die EU zu haben. *Gazprom* etwa erklärte, dass das westsibirische Gas für die EU reserviert sei, lässt jedoch durchblicken, dass es auch Richtung China geleitet werden könne.

Die EU könnte sich auch als Konkurrent für China um kaspische Energieressourcen etablieren. Europäische Konzerne partizipieren bereits an der Baku-Tbilissi-Ceyhan-Pipeline, die als zweitlängste Pipeline der Welt Rohöl aus dem Kaspischen Meer bis ans Mittelmeer transportiert. Die geplante Nabucco-Pipeline könnte nach Fertigstellung auch turkmenisches Gas über den Iran, die Türkei und den Balkan in die EU leiten. Die Außenminister der EU wollen aber China in einen Dialog um Energieressourcen einbeziehen. Das hat jedenfalls die EU mit der unter deutscher EU-Ratspräsidentschaft aufgelegten Zentralasien-Initiative beschlossen. Eine Kooperation im Energiesektor soll daraus entstehen.

Um weitere Konkurrenz zu vermeiden, sollte China mehr Staaten in regionale Organisationen, wie die SCO einbinden. Die SCO hat ihre Mitgliederzahl seit ihrer Gründung sukzessive erhöht, deren Aktivitäten reguliert und eine Verwaltungsstruktur aufgebaut – mit konkreten Maßnahmen wie die Einrichtung eines multinationalen Antiterror-Zentrums. Zusätzlich könnte eine Arbeitsgruppe „Energie“ Fragen um die Energiesicherheit in der Region lösen.

Um den Energiehunger Chinas möglichst umweltschonend und konfliktfrei zu stillen, werden erneuerbare Energien und Energieeffizienz unumgänglich sein. Dazu gehört auch internationale Kooperation und Erfahrungsaustausch beim Technologietransfer. Zukünftige Konflikte um Energieträger können auch über eine faire Integration Chinas in die internationalen Energiemärkte umgangen werden.

Faire Integration

Literatur

- Abdolvand, Behrooz; Adolf, Matthias; Sadegh-Zadeh, Kaweh:** Gas-Gigant Russland; *Blätter für deutsche und internationale Politik*; 04/2006; S. 469–482.
- Altwater, Elmar; Mahnkopf, Birgit (1999):** Grenzen der Globalisierung; Westfälisches Dampfboot.
- Andrews-Speed, Philip; Liao, Xuanli; Dannreuther, Roland (2002):** The Strategic Implications of China's Energy Needs; Adelphi Paper 346; Oxford University Press.
- Dwivedi, Ramakant (2006):** China's Central Asia Policy in Recent Times; in: *China and Eurasia Forum Quarterly*; Vol. 4; No. 4; S. 139–159.
- BP: Statistical Review of World Energy; in:** www.bp.com; Juni 2006.
- Chinese Government:** 11th Five Year Plan; in: www.english.gov.cn; 25.07.2006.
- Dannreuther, Roland (2003):** Asian security and China's energy needs; in: *International Relations of the Asia-Pacific*; Vol. 3; S. 197–219.
- Daojiong, Zha (2006):** China's Energy Security: Domestic and International Issues; *Survival*; S. 179–190; vol. 48; No. 1.
- IEA:** World Energy Outlook 2004; IEA/OECD; Paris; 2004.
- Yergin, Daniel (2006):** Ensuring Energy Security; in: *Foreign Affairs*; S. 0015–7120, Vol. 85, Issue 2.
- Zweig, David, Jianhai, Bi (2005):** China's Global Hunt for Energy; in: *Foreign Affairs*; S. 0015–7120; Vol. 84; Issue 5.



Energie in Stichpunkten

KURZ-FUNDIERT

Mit viel Energie kam dieses Heft zustande, doch alles passt nicht hinein. Was vom Thema übrig bleibt: Energie-Themen, die zu wenig für einen ganzen Text hergeben, aber zu schade sind, um ganz aus dem Magazin zu fallen. In Stichpunkten zusammengefasst.

Woher kommt das Wort Energie? Es bezeichnet im allgemeinen die „Tatkraft“, die Kraft, etwas zu tun. Im 18. Jahrhundert nahm es den Umweg über das Französische „*énergie*“ ins Deutsche. Das französische Wort wiederum ist aus dem spätlateinischen „*energĭa*“ und griechischen „*en-érgeia*“ für „wirkende Kraft“ entstanden. Die Grundlage davon ist das griechische Wort für „Werk“ und „Wirken“: „*érgon*“, das zum Adjektiv „*en-ergós*“ abgeleitet wurde – für „einwirkend“.

Was versteht die Naturwissenschaft unter Energie? Energie ist einer der wichtigsten Begriffe in der Physik. Er ist eng verbunden mit dem Begriff Arbeit – diese ist definiert als das Produkt einer Kraft F und einem Weg s . Sowohl Arbeit als auch Energie werden in der gleichen Einheit gemessen: Joule (J). Energie gilt als gespeicherte Arbeit oder auch als Fähigkeit, Arbeit zu verrichten. Es ist eine Zustandsgröße, das physikalische Formelzeichen ist meistens E , allerdings werden für unterschiedliche Energieformen (mechanische oder elektrische Energie, Wärme- oder Kernenergie) häufig verschiedene Buchstaben verwendet. Besonders vorangekommen ist die Naturwissenschaft, als sie entdeckte, dass Energie

nicht verloren geht, sondern umgewandelt wird. Es gilt der sogenannte Energieerhaltungssatz.

Wie viel Energie verbraucht das Internet? Das weltweite Datennetz ist ein Zusammenschluss mehrerer Millionen Homecomputer und Server. Vor allem die Server „fressen“ Energie, denn sie laufen Tag und Nacht, und sie müssen klimatisiert werden. Allein in Deutschland verbrauchten alle Rechner zusammen insgesamt 6,8 Milliarden Kilowattstunden Strom – und das im Jahr 2001. Das errechnete das Wuppertaler Institut für Klima, Umwelt und Energie. Den Prognosen zufolge steigt dieser Verbrauch in den kommenden Jahren an, bis er schließlich im Jahr 2010 knapp 31 Milliarden Kilowattstunden erreicht. Das wären fast 6 Prozent

Warum stehen Windräder bei Sturm still?



photocase



Wie sparsam sind Energiesparlampen wirklich?

des deutschen Energieverbrauchs. Amerikanische Wissenschaftler haben für das gesamte Internet einen Verbrauch von 123 Milliarden Kilowattstunden errechnet – Strom im Wert von über 7,3 Milliarden Dollar.

Windräder erzeugen elektrische Energie. Aber warum stehen sie bei Sturm still? Die Windkraftwerke in Deutschland werden abgeschaltet, sobald der Wind zu stark weht. Zwar gilt in der Theorie: Je mehr Wind, desto mehr Strom. Wenn es aber zu sehr stürmt, könnte das die Anlagen beschädigen. Daher werden die Räder bei Windgeschwindigkeiten von 90 bis 100 Stundenkilometern abgeschaltet. Das funktioniert, indem die Flügel automatisch so gedreht werden, dass der Wind sie nicht mehr antreiben kann. Nur sogenannte Offshore-Anlagen, die vor der Küste im Meer liegen, halten Stürme bis zu Windstärke 12 aus.

Welche der zahlreichen erneuerbaren Energien ist zukunftstauglich? Der Anbau von Pflanzen, die für erneuerbare Energiegewinnung gebraucht werden, bringt neue Umweltprobleme mit sich. Beispielsweise werden in Indonesien ganze Wälder gerodet, damit dort Plantagen angelegt werden können, auf denen Palmöl gewonnen werden soll. In Indien allerdings erforschen Wissenschaftler das Potenzial eines anderen Gewächses: Es heißt „Jatropha Curcas“ und braucht nur 250 Millimeter Niederschlag im Jahr. Die Pflanze muss also nur während der ersten zwei Jahre am Ende der Trockenzeit bewässert werden, sie ist die Grundlage für eine neue Form von Bio-Diesel. Und vor allem wächst sie auch auf nährstoffarmen Böden. Felder, auf denen Nahrungsmittel angebaut werden, müssen deshalb nicht umfunktio-

Wie sparsam sind Energiesparlampen? Der Effekt von Energiespar-Glühlampen ist im Portemonnaie spürbar, bis zu 60 Euro lässt sich mit einer einzigen sparen. Zwei Faktoren spielen dabei eine Rolle: Zum einen ist die Lebensdauer bedeutend länger, zum anderen ist die Lichtausbeute höher. Normale Glühlampen verschwenden bis zu 95 Prozent der elektrischen Energie, weil sie sie in Wärme umwandeln. Die Energiesparlampe nutzt ganze 25 Prozent für die Erzeugung von Licht. Auch beim Einschalten verbraucht sie nicht mehr Strom als die herkömmliche Lampe.

Wie viel Energie verbraucht man beim Schwimmen? Es gilt als eine der gesündesten Sportarten: das Schwimmen. Die Bänder werden entlastet, ebenso die Wirbelsäu-



le und die Gelenke. Wer schwimmt, trainiert außerdem alle wichtigen Muskelgruppen. Nur wie viel Energie „verbraucht“ der Körper im Wasser? Und macht es einen Unterschied, ob man krault, rückwärts schwimmt oder als klassischer Brustschwimmer seine Bahnen zieht? Eindeutig nein: Eine Stunde Brustschwimmen „verbraucht“ etwa 530 Kilokalorien – etwa so viel wie Radfahren. Ähnliche Werte ergeben sich fürs Kraulen und fürs Rückenschwimmen. Jedoch steigt der Energieverbrauch rasant beim Delfin- oder Schmetterlingsstil. Wer bei jedem Zug seinen Oberkörper aus dem Wasser katapultiert, steigert den Brennwert um das Drei- bis Vierfache. Selbst Profischwimmer halten das nicht lange durch.

Die Kraft der Sterne: Wie erzeugt unsere Sonne Energie? Bei unvorstellbar hohen Temperaturen von zehn Millionen Grad Celsius verschmelzen im Innern der Sonne Wasserstoffatome miteinander. Je vier werden zu einem Heliumatom. Bei dieser Kernfusion bleibt etwas Masse übrig. Denn vier Wasserstoffatome sind zusammen etwas schwerer als ein Heliumatom. Die überzählige Masse wird in Energie umgewandelt. Die frei werdende Hitze erhält die Fusionsreaktion aufrecht.

Atomenergie I: Wofür muss man Uran anreichern? Das Uranerz, das in Bergwerken abgebaut wird, lässt sich in seiner ursprünglichen Form nicht verwenden, weder zur Energiegewinnung noch für die Waffenproduktion. Nur ein bestimmtes Uran-Isotop, man könnte sagen, eine bestimmte Sorte, wird in Kraftwerken und Bomben eingesetzt, es hat die Nummer 235. Eine nukleare Kettenreaktion gelingt nur damit. Das abgebaute

Uran besteht allerdings zu einem überwältigend großen Teil (99,3 Prozent) aus einem anderen Isotop, nämlich Nummer 238. Chemisch unterscheiden sich diese beiden Isotope nicht. Sie müssen durch aufwändige Verfahren getrennt werden. „Anreichern“ meint also nicht, dass etwas hinzugefügt wird, sondern dass diese beiden Isotope getrennt werden.

Atomenergie II: Seit wann gibt es Atomkraftwerke in Deutschland? Im Jahr 1976 ging im bayerischen Gundremmingen das erste kommerziell genutzte deutsche AKW ans Netz. Die Ölkrise zu Beginn der 1970er Jahre ließ die Atomenergie als sinnvolle Alternative erscheinen. Bis zum Ende der 1980er Jahre kamen 17 weitere AKWs dazu. Seitdem der Atomausstieg politisch beschlossen wurde, sind erst zwei Kernkraftwerke abgeschaltet worden: eins in Stade und eins in Obrigheim.

Zusammengestellt von Oliver Trenkamp.

Sonnen-Energie.



photo: case

GUTE NACHRICHTEN FÜR DIE WINDENERGIE:

Unsere neue Offshore-Anlage nutzt
schon bald die Kraft der Hochseewinde.

Wir gehen neue Wege: 40 km vor Borkum. Unser
Pilotprojekt bringt modernste Technik genau dahin,
wo der Wind am stärksten ist. www.vattenfall.de

Starten Sie mit Rückenwind ins neue Semester:

Mit dem Tagesspiegel-Studentenabo und

50 € Rabatt

auf einen Segelkurs!

Ihre Vorteile auf einen Blick:

- aktuelle Informationen zum günstigen Vorzugspreis von **nur 12,50 €** monatlich
- 7 Tage die Woche **bequem frei Haus**
- jede Woche **Ticket** – das Veranstaltungsmagazin für Berlin und Potsdam
- zusätzlich 1x im Monat das junge Job- und Wirtschaftsmagazin „**Karriere**“.

Und: Für Ihre Bestellung eines Studentenabos für mindestens ein Jahr erhalten Sie von uns als Dankeschön **50 € Rabatt auf einen Segelkurs**.*

Sobald Ihre erste Zahlung für das Abonnement eingegangen ist, melden Sie sich zu Ihrem Segelkurs an der Zentralen Hochschulsport-Einrichtung der FU, HU oder TU Berlin an und sparen 50 € Kursgebühr. Infos zu den Kursen finden Sie unter:

www.hs-sport.fu-berlin.de • www.zeh.hu-berlin.de • www.tu-sport.de

Foto: picturealliance/KPA/Hecht

Ja, ich bestelle das Tagesspiegel-Studentenabo.

Bitte liefern Sie mir täglich den Tagesspiegel für mindestens 12 Monate und danach im laufenden Bezug zum Vorzugspreis von z. Zt. nur 12,50 € monatlich. Nach 12 Monaten ist das Abo mit einer Frist von 4 Wochen zum Monatsende schriftlich kündbar. Eine gültige Immatrikulationsbescheinigung schicke ich dem Verlag in Kürze zu.

Gleich bestellen...

Einfach den Coupon ausfüllen und einsenden an

**Verlag Der Tagesspiegel
Leserservice
10876 Berlin**

oder faxen an **(030) 260 09-771**.

* Ihr Guthaben von 50 € ist ab Start des Tagesspiegel-Abonnements bis spätestens 28.10.2007 einzulösen. Bitte informieren Sie sich über die Verfügbarkeit der Kurse. Sollten die Segelkurse an der Universität Ihrer Wahl ausgebucht sein, so erhalten Sie den Rabatt bei Anmeldung bei einer der beiden anderen Universitäten. Alternativ ist auch die freie Ausleihe möglich. Das Guthaben ist nicht übertragbar, eine Barauszahlung oder Rückerstattung bei geringerer Kursgebühr nicht möglich.

Name/Vorname

Telefon

Straße/Nr. oder Postfach

E-Mail

PLZ/Ort

Hinweis zur Zustellung (z.B. Gartenhaus, Innenbriefkasten)

☐ Ich zahle bequem und bargeldlos per Bankeinzug.

Geburtsdatum (freiwillige Angabe)

Konto-Nr.

Ich erhalte 50 € Rabatt auf einen Segelkurs an folgender Berliner Universität:

BLZ

☐ FU ☐ HU ☐ TU

Bank

☐ Ich zahle per Rechnung.

Datum/Unterschrift