

NR.47 Frühjahr 2008

EINBLICKE

FORSCHUNG UNIVERSITÄT OLDENBURG



Sonne, Wind und Effizienz

Die Oldenburger Energieforschung

Ökonomie des Klimaschutzes • Dünnschicht-Photovoltaik • Aktuelle Forschung zur Windenergie • Einfluss des Wetters auf die Energieversorgung • Wasserstoff-Speichersysteme • IT-Systeme für Energiemanagement • IuK-Technik zum effizienten Stromverbrauch • Erneuerbare Energie: Pionierrolle auch in der Lehre • Klimaschutz und Kommunikation • EWE-Institut für Energietechnologie u.a.

EINBLICKE NR. 47

FORSCHUNGSMAGAZIN DER CARL VON OSSIETZKY UNIVERSITÄT OLDENBURG

Energieforschung an der Universität Oldenburg

Hans-Jürgen Appelrath, Christoph Böhringer, Detlev Heinemann und Jürgen Parisi

Seite 4

Contraction and Convergence: Zur Ökonomie des Klimaschutzes

Christoph Böhringer und Heinz Welsch

Seite 6

Dünnschicht-Photovoltaik in Oldenburg

Ingo Riedel und Jürgen Parisi

Seite 10

Aus bewegter Luft wird Strom: Aktuelle Forschung zur Nutzung der Windenergie

Detlev Heinemann und Joachim Peinke

Seite 13

Turbulenz und Windenergie

Joachim Peinke und Julia Gottschall

Seite 16

Der Einfluss von Wetter und Klima auf die Energieversorgung

Annette Hammer, Detlev Heinemann, Elke Lorenz und Abha Sood

Seite 20

Grid-Technologien für die Energiemeteorologie

Wilhelm Hasselbring und Detlev Heinemann

Seite 22

HyWindBalance: Wasserstoff- Speichersysteme für neue Märkte

Hans-Peter Waldl und Detlev Heinemann

Seite 23

IT-Systeme für nachhaltiges Energiemanagement

Hans-Jürgen Appelrath und Christoph Mayer

Seite 24

Informations- und Kommunikationstechnik zum effizienten Stromverbrauch

Wolfgang Nebel, Michael Sonnenschein und Jens-E. Appell

Seite 28

Grenzen der Wandlungswirkungsgrade polykristalliner Dünnschicht-Solarzellen

Levent Gütay und Gottfried Heinrich Bauer

Seite 31

Weltweites Netzwerk Erneuerbare Energie: Pionierrolle auch in der Lehre

Michael Golba

Seite 35

GEKKO: Gebäude, Klimaschutz und Kommunikation

Niko Paech

Seite 38

EWE-Institut für Energietechnologie

Interviews mit Werner Brinker und Jürgen Parisi

Seite 40

Oldenburger Spin-Offs

Seite 42



Uni-Fokus

Nachrichten, Berufungen
und Rufe

Seite 43

Liebe Lesendeninnen und Lesern,



Erfolg ist oft eine temporäre Angelegenheit. Er verflüchtigt sich mitunter schnell. Das aber ist glücklicherweise nicht immer so. Manchmal werden Fundamente gelegt, die nicht nur Ausdruck von Erfolgen sind, sondern auch nachhaltige Erfolge versprechen. In einer solchen Phase befindet sich derzeit die Universität Oldenburg. In wenigen Monaten sind für sie im Forschungsbereich Entscheidungen gefallen, die noch vor einigen Jahren kaum jemand für möglich gehalten hätte. Sie ist damit zu einer nun auch öffentlich wahrgenommenen Forschungsuniversität geworden, die den immer schärfer werdenden Wettbewerb nicht fürchten muss. Den vorläufigen Höhepunkt dieser Phase bildete am 28. Februar die Ernennung Oldenburgs zur Stadt der Wissenschaft 2009. Davor aber standen Ereignisse, die sicher stark zur siegreichen Bewerbung beigetragen haben:

- Im Oktober 2007 entschied sich die Max-Planck-Gesellschaft, in Oldenburg zwei Forschernachwuchsgruppen für die Meeresforschung zu etablieren. Gleichzeitig wurde das Forschungszentrum TERRAMARE in das Institut für Chemie und Biologie des Meeres integriert, verbunden mit einer erheblichen Aufstockung der jährlichen Mittel.
- Im November 2007 stimmte die DFG der Verlängerung des Sonderforschungsbereichs zur Verkehrssicherheit AVACS (Sicherheitskritische Systeme) zu.
- Im Januar 2008 gab es den ersten Spatenstich für den Bau des EWE-An-Instituts für Energietechnologie, in dem einmal 50 WissenschaftlerInnen arbeiten sollen.
- Im Februar 2008 kündigte die Fraunhofer-Gesellschaft die Einrichtung einer Projektgruppe zur Verstärkung der Oldenburger Hörforschung an.
- Ebenfalls im Februar wurde gemeinsam mit der MHH Hannover das Zentrum für Hörforschung eingerichtet.

Aber damit nicht genug. Der Oldenburger Antrag für einen 11 Millionen s teuren Bau, in dem die Forschungszentren Neurosensorik und Sicherheitskritische Systeme zusammenarbeiten werden, erhielt die Zustimmung des Wissenschaftsrats und wurde in der Prioritätenliste auf den 5. Platz von 64 Anträgen gesetzt – ein weiterer Hinweis darauf, dass die Forschungsschwerpunkte der Universität immer stärker wahrgenommen werden. Das gilt im Übrigen auch für einen Bereich, der die Wurzeln der einst aus einer Lehrerausbildungsstätte hervorgegangenen Universität darstellt: die Erziehungswissenschaften. Im neuesten Forschungsranking des Centrums für Hochschulentwicklung (CHE) belegt die Universität Oldenburg als einzige in fünf von sechs bewerteten Kategorien Spitzenplätze. Besser geht's kaum.

Und so bleibt nur zu konstatieren: In der 35-jährigen Geschichte der Universität Oldenburg gab es keine erfolgreichere Zeit. Dass diese Erfolge aber auch einen großen Vorlauf benötigen, um nachhaltig zu wirken, davon zeugt diese EINBLICKE-Ausgabe.

Andreas...

Energieforschung an der Universität Oldenburg

Von Hans-Jürgen Appellrath, Christoph Böhringer, Detlev Heinemann und Jürgen Parisi



Sonne, Wind und Effizienz: die Oldenburger Energieforschung

Ölpreissteigerung, Klimawandel, Kriege um Ressourcen – Themen der Energieversorgung füllen zunehmend die Schlagzeilen. Energie ist mehr denn je ein Schlüsselthema auf der politischen Tagesordnung. Fragen der wirtschaftlichen Entwicklung, des Klima- und umweltschonenden Umgangs mit Ressourcen und von globaler Gerechtigkeit sind unmittelbar mit Art und Umfang der künftigen Bereitstellung von Energie verbunden. Ebenso stellt Energie einen wesentlichen Faktor für regionales Entwicklungspotenzial dar. Neue Strukturen, Prozesse und Technologien in der Energieversorgung und die zunehmende Nutzung erneuerbarer Energiequellen eröffnen Chancen für innovative Akteure, Standorte und Regionen.

Es ist daher nur folgerichtig, dass eine regional verankerte Hochschule wie die Universität Oldenburg, die Gesellschaftsorientierung und Interdisziplinarität als „identitätsstiftende Merkmale“ sowie überzeugende Spitzenforschung in ihrem Leitbild festgeschrieben hat, sich dem Thema „Energie“ als einer zentralen Zukunftsaufgabe in ihrer Forschungsagenda widmet.

Dabei prägen Forschung und Lehre zu Energiethemen bereits seit langer Zeit das Spektrum unserer Universität. Die erste Ausgabe der EINBLICKE aus dem Jahr 1985 gibt davon Zeugnis – ebenso wie das Energielabor, das im vergangenen Jahr 25 Jahre alt wurde. Zahlreiche „Pioniere“ haben von Oldenburg aus an nationalen und internationalen Plätzen die Energieforschungslandschaft mit geprägt. Stellvertretend sei ihr prominentester Vertreter genannt: Joachim Luther, der 1993 von Oldenburg aus zum Direktor des größten europäischen Instituts für Solarforschung in Freiburg berufen wurde und für sein Wirken

mit zahlreichen hochrangigen Preisen ausgezeichnet wurde. Der hervorragende Ruf Oldenburgs als Standort für Energieforschung hat seine Wurzeln also bereits Ende der 80er Jahre.

Heute ist die Oldenburger Energieforschung vor allem an den Bedürfnissen einer modernen, effizienten und klimaschonenden Energieversorgung ausgerichtet. In der Grundlagenforschung wird am wissenschaftlichen Fundament für eine zukunftsfähige Energieversorgung gearbeitet – mit einem klaren Schwergewicht auf der Nutzung Erneuerbarer Energien, während zusammen mit Partnern aus der Industrie kurz- und mittelfristige Ziele einer effizienten Energieversorgung in angewandten Forschungsprojekten angegangen werden.

Mit Nachdruck wird an Verbesserungen der heute verfügbaren Solarzellentechnologien gearbeitet, gleichzeitig werden neue Materialien und Technologien für die Zukunft erprobt. Die große Bandbreite physikalischer Untersuchungsmethoden für neue photovoltaische Materialien macht die Universität zu einem wertvollen Partner für Forschung und Industrie.

Eine Energiequelle von internationaler, aber auch regional herausragender Bedeutung ist der Wind. Forschung zur Nutzung der Windenergie – seit jeher ein wichtiger Teil der Oldenburger Energieforschung – ist mittlerweile in ForWind, dem Zentrum für Windenergieforschung, das gemeinsam mit der Universität Hannover betrieben wird, konzentriert. Aktuell wird dort die künftige Entwicklung der Offshore-Nutzung der Windenergie durch wissenschaftliche Arbeiten maßgeblich mit gestaltet.

Neue Fragestellungen in der Energiefor-

schung haben in Oldenburg neue Forschungsdisziplinen und -schwerpunkte innerhalb der traditionellen Fächer entstehen lassen.

Anwendungsorientierte Forschung im Themenfeld „Informationstechnologien für das Energiemanagement“ hat sich zu einem der Schwerpunkte der Oldenburger Informatik, insbesondere im An-Institut OFFIS, entwickelt und trägt damit der Erwartung Rechnung, dass künftige Stromversorgungssysteme wegen des zunehmenden Anteils dezentraler und erneuerbarer Komponenten in großem Umfang von Informationstechnologien geprägt sein werden.

Durch den deutlich wachsenden Einfluss von Wetter und Klima auf die Energieversorgung motiviert, hat sich mit der Energiemeteorologie eine neue Forschungsdisziplin in Oldenburg etabliert – einzigartig im universitären Bereich. Insbesondere für Erneuerbare Energien werden neue Methoden und Daten bereitgestellt, um die Energieproduktion auch bei dem oft schwankenden Angebot der neuen „Brennstoffe“ Sonne und Wind sicherzustellen.

Systemtechnische Fragestellungen werden aktuell im Bereich Wasserstoff-Speichersysteme im Zusammenhang mit der Windenergienutzung bearbeitet – nebenbei ein weiteres Feld gemeinsamer Forschung und Entwicklung mit zahlreichen regionalen Unternehmen.

Neue Strukturen in der Energieversorgung sowie deren Wechselwirkungen mit veränderten umweltpolitischen Randbedingungen sind Gegenstand aktueller Forschungsarbeiten in den Wirtschaftswissenschaften, wo die Energieökonomie ebenfalls ein Schwerpunkt mit Tradition an der Oldenburger Universität ist. Forschung zu Erneuerbaren Energien war von Beginn an strukturell eng verzahnt mit Lehre und Ausbildung. Der immens steigende

Bedarf an hochqualifizierten Absolventen im Energiesektor und besonders im Bereich der Erneuerbaren Energien fordert ohnehin entsprechende Anstrengungen ein. Studienschwerpunkte in den traditionellen Fächern wie Physik, Informatik und Wirtschaftswissenschaften, aber vor allem die speziellen Lehrangebote zum Thema Energie machen die Oldenburger Universität zu einem attraktiven Studienort für engagierte und an Zukunftsthemen interessierte Studierende. Die beiden internationalen postgradualen Masterstudiengänge PPRE und EUREC und berufsbegleitende Studiengänge stehen für ein wachsendes Spektrum von an den Praxisbedarf angepassten Ausbildungs- und Studienangeboten, das weiter ausgebaut werden wird.

International erfolgreich ausgerichtet, besitzt die Oldenburger Energieforschung ebenfalls eine erhebliche Bedeutung für die Entwicklung des Nordwestraums. Ihre Einbindung in regionale Strukturen in Forschung und Wirtschaft, die wachsende Zahl von aus der Universität heraus entstandener Unternehmen im Umfeld („Spin-Offs“) sowie intensive Kooperationen mit den großen Energie-Unternehmen der



Region machen die Universität zu einem wesentlichen Akteur für die Bildung einer „Energierregion“, in der neue Technologien der Energieerzeugung entwickelt und neue Strukturen der Energieversorgung erfolgreich eingeführt werden. Oldenburger Energieforschung ist mittlerweile als Marke einer ganzen Region etabliert.

Mit dem neu gegründeten An-Institut „EWE-Forschungszentrum für Energietechnologie“, das kürzlich seine Arbeit aufgenommen hat, wird die Energieforschung der Universität einen weiteren Schritt nach vorn gehen. Als herausragende Ergänzung zu den bestehenden Aktivitäten will das Zentrum insbesondere im Themenbereich „Brennstoffzellen“ sowohl wichtige wissenschaftliche Ergebnisse liefern als auch Impulse für praxisnahe Innovationen setzen. Durch seine vollständige Industrieförderung geht das Zentrum darüber hinaus neue Wege in der Forschungsförderung. Zusammen mit den wachsenden Aktivitäten in den bestehenden Forschungsbereichen, wie beispielsweise der „EWE-Nachwuchsgruppe Dünnschicht-Photovoltaik“, wird das Forschungszentrum die Sichtbarkeit des Forschungsstandorts Oldenburg erheblich erhöhen.

Die Universität Oldenburg hat die Weichen gestellt, um eines der wichtigsten Zukunftsthemen in der Forschung international mit zu gestalten. Oldenburg wird – mehr denn je – eine herausragende Adresse in der Energieforschung sein.

Wir hoffen, Ihnen mit der vorliegenden Ausgabe der EINBLICKE einen Eindruck davon zu geben, und wünschen Ihnen eine anregende Lektüre.

Die Autoren



Die Physiker Dr. Detlev Heinemann und Prof. Dr. Jürgen Parisi, der Volkswirt Prof. Dr. Christoph Böhringer und der Informatiker Prof. Dr. Dr. h. c. Hans-Jürgen Appelrath (v.l.n.r.).

WINDAGENTUR BREMERHAVEN

1/2 Seite

Contraction and Convergence: Zur Ökonomie des Klimaschutzes

Von Christoph Böhringer und Heinz Welsch

Ein drängendes Problem der sozio-ökonomischen Energieforschung ist die Frage, wie internationale Klimapolitik dem vorwiegend durch fossile Energienutzung verursachten Klimawandel wirksam begegnen kann. In Abgrenzung zur technologischen Forschung geht es darum, wer die ökonomischen Anpassungskosten beim Übergang zu klimafreundlichen Energie- bzw. Wirtschaftssystemen trägt. Die vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen müssen nach dem jüngsten Sachstandsbericht der Vereinten Nationen in Zukunft stark beschränkt werden, um den Klimawandel wirksam einzudämmen und drastische negative Folgen einer Klimaveränderung zu vermeiden.

A pressing problem in socio-economic energy research is how international climate policy can effectively counteract climate change that is being primarily caused by the use of fossil fuels. In contrast to technological research, the question here is who will shoulder the costs of the necessary economic adjustments of a transition to climate-friendly energy and economic systems. According to the most recent progress report by the United Nations, the man-made emissions of greenhouse gases have to be severely restricted if climate change is to be effectively reduced and drastic negative consequences of climate change avoided.



Hamburg, 9.11.2007: Bei unverändertem Klimawandel werden Sturmfluten und Überschwemmungen deutlich zunehmen.

Die Notwendigkeit einer deutlichen Verringerung (engl. „contraction“) der globalen Treibhausgasemissionen – vor allem energiebedingter Kohlendioxidemissionen – über die nächsten Jahrzehnte ist allgemein anerkannt. Strittig bleibt, wie das resultierende knappe Emissionsbudget auf die Weltbevölkerung verteilt werden soll. Im Herbst 2007 hat sich Bundeskanzlerin Angela Merkel – als eine wichtige Protagonistin des globalen Klimaschutzes – bei einem internationalen Klimaschutzsymposium mit 15 Nobelpreisträgern in Potsdam dafür ausgesprochen, dass jedem Menschen das gleiche Recht auf Kohlendioxidemissionen zusteht und sich deshalb langfristig die weltweiten Pro-Kopf-Emissionen angleichen sollen (engl. „convergence“). Sie schlägt vor, die Kohlendioxidemissionen pro Person bis 2050 auf nicht mehr als zwei Tonnen zu reduzieren, was in etwa einer Halbierung der derzeitigen durchschnittlichen Pro-Kopf Emissionen entspricht. Dieser Vorschlag, der in Ökonomenkreisen unter dem Schlagwort „Contraction and Convergence“ schon seit Anfang der 90er Jahre kursiert, wird im Folgenden vor dem Hintergrund grundsätzlicher

ökonomischer Anreizprobleme im internationalen Klimaschutz analysiert.

Der Faktor Mensch

Der 2007 veröffentlichte vierte Sachstandsbericht der Vereinten Nationen zum Klimawandel erlaubt kaum einen Zweifel daran, dass der Mensch für Klimaänderungen verantwortlich ist: Mit einer Wahrscheinlichkeit von über 90 Prozent werden die anthropogenen Emissionen des Treibhausgases Kohlendioxid (CO₂), das vorwiegend bei der Verbrennung der fossilen Energien Kohle, Öl und Gas entsteht, als Hauptursache der gegenwärtig beobachtbaren Erderwärmung benannt. Ohne drastische globale Verringerung der Treibhausgase erwartet der Bericht bis zum Ende dieses Jahrhunderts eine weiter anhaltende Erderwärmung, die bei starker Bevölkerungszunahme und hohem Wirtschaftswachstum über 6,4 Grad Celsius betragen kann. Die Grenze von tolerablem zu „gefährlichem“ Klimawandel wird dagegen von der Europäischen Union mit einem Anstieg der Durchschnittstemperaturen um höchstens 2 Grad Celsius angegeben. Laut dem vierten Sachstandsbericht müssten dafür eine

Trendwende zu global sinkenden Treibhausgasemissionen innerhalb der nächsten zehn bis zwanzig Jahre erreicht und der CO₂-Ausstoß bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts um mehr als 50 Prozent gegenüber dem Emissionsniveau von 2000 reduziert werden.

Handeln ist billiger

Eine globale Erwärmung ist wegen der potenziellen Auswirkungen auf menschliche Sicherheit, Gesundheit, Wirtschaft und Umwelt mit großen Risiken verbunden. Der Ende 2006 vom ehemaligen Weltbank-Chefökonom Nicholas Stern im Auftrag der britischen Regierung verfasste Bericht zu den Kosten des Klimawandels hat dabei die politische Diskussion nachhaltig angeregt. In seiner Studie beziffert Stern die Kosten eines ungebremsten Klimawandels auf bis zu 20 Prozent des globalen Bruttoinlandsprodukts oder umgerechnet knapp 5.5 Billionen Euro pro Jahr bis 2100, wobei vor allem die Entwicklungs- und Schwellenländer von den negativen ökonomischen Folgen des Klimawandels betroffen wären. Die durch Klimaschutz vermiedenen Schäden bzw. Kosten des Klimawandels stellen umgekehrt den monetären Nutzen der entsprechenden Klimaschutzmaßnahmen dar. Die Kosten für geeignete Klimaschutzmaßnahmen berechnet der Stern-Report nur mit ca. 1 Prozent der weltweiten Wirtschaftsleistung.

Auch wenn die Schätzungen zu Kosten und insbesondere Nutzen von Klimaschutz nach wie vor mit größeren Unsicherheiten verbunden sind, so ist sich die wirtschaftswissenschaftliche Forschung weitgehend einig, dass aus ökonomischem Kosten-Nutzen-Kalkül einschneidende Maßnahmen zur Verringerung der anthropogenen Treibhausgase geboten sind.

Internationale Politik

Obwohl eine drastische Reduktion von Treibhausgasemissionen aus globalen Kosten-Nutzen-Überlegungen angezeigt ist, gibt es in der internationalen Klimaschutzpolitik kaum Bewegung. Mit dem Kyoto-Protokoll existiert zwar ein seit 2005 völkerrechtlich verbindliches Klimaschutzabkommen. Allerdings ist Kyoto gemessen an den mittel- bis langfristigen Reduktionserfordernissen für wirksamen globalen Klimaschutz nur ein Tropfen auf den heißen Stein: Im Kyoto-Protokoll haben sich lediglich die Industrieländer auf eher moderate Emissionsbeschränkungen verpflichtet, wobei die USA als derzeit weltweit größter Verursacher von Treibhausgasemissionen eine Teilnahme aus

Angst vor zu hohen Kostenbelastungen der US-amerikanischen Wirtschaft verweigert haben. Die Entwicklungs- und Schwellenländer lehnen nationale Emissionsbeschränkungen mit Hinweis auf die historische „Emissionsschuld“ der Industrieländer und den Nachholbedarf in Sachen Wohlstand bzw. Wirtschaftswachstum ab. Das Kyoto-Protokoll läuft zudem im Jahr 2012 aus und noch ist nicht absehbar, wie ein Folgeabkommen mit substanziellen Emissionsbeschränkungen auf globaler Ebene erreicht werden kann. Selbst

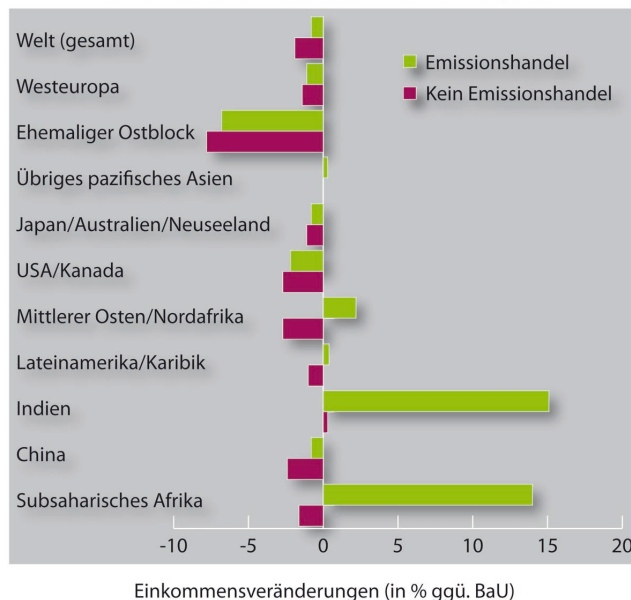
wenn sich die Industrieländer nach 2012 auf dem in Kyoto vereinbarten Emissionsniveau stabilisieren würden, steigen die weltweiten CO₂-Emissionen nach Expertenrechnungen schon bis zum Jahr 2030 um bis zu 50 Prozent gegenüber 2000 an. Grund hierfür ist die starke Zunahme des fossilen Energieverbrauchs in den wachstumsstarken Entwicklungs- und Schwellenländern, die in Zukunft für den größeren Teil der Treibhausgase verantwortlich sein werden.

Ohne internationale Kooperation, d.h. bei Vernachlässigung positiver Spillover-Effekte, kommt zu wenig Klimaschutz zustande. Kooperation möglichst vieler Länder wäre geboten, ist aber durch sogenannte Trittbrettfahreranzüge gefährdet: Gerade dann, wenn sich viele oder alle Länder auf eine Kooperation verständigen, ist der Anreiz für jedes einzelne Land, von dieser Absprache abzuweichen, besonders hoch und kann wegen des Fehlens einer supranationalen Instanz nicht wirksam sanktioniert werden.

Fairness fördert Kooperation

Diese pessimistische Prognose für Klimaschutz vernachlässigt die Rolle von Fairnessaspekten, deren Bedeutung von einem neueren Zweig der ökonomischen Forschung, der Verhaltensökonomik, betont wird. Ein Ergebnis dieser Ansätze ist, dass fairnessorientierte Präferenzen kooperatives Verhalten befördern können. Im Kontext der von den Vereinten Nationen geforderten Emissionsbeschränkungen bezieht sich

Wohlfahrtseffekte von „Contraction and Convergence“



Fairness auf die Verteilung des dadurch gegebenen weltweiten Emissionsbudgets. Allerdings lässt der Begriff „Fairness“ vielfältige Interpretationen zu. Diese reichen vom Prinzip der Besitzstandswahrung, was die westlichen Industriestaaten begünstigen würde, bis zum Prinzip einer gleichen Emissionsverteilung pro Kopf, was bevölkerungsreichen Staaten entgegen kommen würde.

Vor diesem Hintergrund wurde schon Anfang der 90er Jahre in der klimaökonomischen Forschung der Vorschlag von „Contraction and Convergence“ geboren, wie er seit jüngerer Zeit nicht nur von der deutschen Bundeskanzlerin propagiert wird. Die Grundidee ist einfach: Ausgehend von den durch heutige Produktions- und Konsummuster vorgegebenen Emissionsverteilungen sollen sich die Pro-Kopf-Anrechte aller Menschen langfristig – bis 2050 – angleichen (Convergence-Komponente). Dabei soll über den Zeitablauf sichergestellt werden, dass die Gesamtmenge an verfügbaren Emissionsrechten weltweit bis 2050 um ca. 50 Prozent unter das heutige globale Emissionsniveau fällt (Contraction-Komponente).

Die politische Umsetzbarkeit der „Contraction and Convergence“-Idee hängt nicht zuletzt davon ab, welche Größenordnung von wirtschaftlichen Anpassungskosten damit verbunden ist und wie sich diese Kosten auf einzelne Regionen verteilen. Angesichts des langfristigen und mit größeren Unsicherheiten behafteten Nutzens von Klimaschutz spielen in der aktuellen klimapolitischen Debatte eher die kurz- bis mittelfristigen Kosten

einer Umstrukturierung des Wirtschaftssystems zu deutlich geringeren Emissionsintensitäten die dominierende Rolle. Gemäß „Contraction and Convergence“ müssen die durchschnittlichen globalen Pro-Kopf-Emissionen von ca. 4 Tonnen CO₂ auf 2 Tonnen CO₂ im Jahr 2050 fallen. Dabei sind die Konsequenzen auf regionaler Ebene unterschiedlich. Lediglich Indien und das subsaharische Afrika erhalten gegenüber dem Status quo in 2010 Zuwächse an den Pro-Kopf-Emissionen. Alle anderen Weltregionen müssen mehr oder weniger starke Kürzungen ihrer Emissionsrechte hinnehmen. Mit Abstand am stärksten trifft es dabei die USA; aber auch China und die ehemaligen Ostblockländer müssen Abstriche vom heutigen Niveau der impliziten Zuteilung an Emissionsrechten machen.

Ein Modell auf dem Prüfstand

Zur wirtschaftspolitischen Bewertung des „Contraction and Convergence“-Vorschlags sind die mit seiner Umsetzung verbundenen ökonomischen Anpassungskosten abzuschätzen. Dies ist eine komplexe Aufgabe, welche von den Autoren mit einem dynamischen mehrregionalen und mehrsektoralen computergestützten Simulationsmodell der Weltwirtschaft angegangen wird. Dabei werden die regionalen Volkswirtschaften in ihren Produktions- und Konsumstrukturen sowie die internationalen (bilateralen) Handelsverflechtungen auf Grundlage empirischer Daten dargestellt. Zusätzlich werden Expertisen zur zukünftigen Wirtschaftsentwicklung ohne weitergehende Klimaschutzpolitik integriert. Gegenüber dieser sogenannten Business-as-Usual Entwicklung können dann die durch wirtschaftspolitische Eingriffe wie Emissionsregulierungen induzierten wirtschaftlichen Anpassungsreaktionen (wie veränderte Produktions- oder Endnachfrageniveaus, Substitutionsprozesse zwischen Faktoren und Vorleistungen in Produktion sowie Gütern im Konsum oder Einkommenseffekte) quantifiziert werden. Die Abbildung auf Seite 7 stellt die Größenordnung der Auswirkungen von „Contraction and Convergence“ für das Lebenseinkommen repräsentativer Haushalte in den jeweiligen Regionen dar. Zunächst soll diskutiert werden, was geschieht, wenn Emissionsrechte nicht gehandelt werden können (Variante „Kein Emissionshandel“ in der Abb.). Auf den ersten Blick überraschend ist die Tatsache, dass die Volkswirtschaften in Indien, dem Mittleren Osten (einschließlich

Nordafrika) und dem subsaharischen Afrika wirtschaftlich betroffen sind, obwohl sie mehr Emissionsrechte besitzen, als sie für Produktion und Konsum benötigen (d.h. selbst keinen aktiven Klimaschutz betreiben müssen). Dies ist auf Spillover-Effekte im internationalen Handel zurückzuführen. So leiden zum Beispiel der Mittlere Osten und Nordafrika als wichtige Öl- und Gasproduzenten durch einen Rückgang ihrer Angebotspreise, da durch globalen Klimaschutz die Nachfrage nach fossilen Energien fällt. Umgekehrt profitiert Indien als Energieimportland von fallenden internationalen Energiepreisen und gewinnt an Wettbewerbsfähigkeit in der Produktion energie- bzw. emissionsintensiver Güter. Mit Ausnahme von Indien sind die ökonomischen Folgen eines „Contraction and Convergence“-Szenarios ohne internationalen Emissionshandel durchweg negativ, was die politische Umsetzbarkeit gefährdet. Zudem belaufen sich die globalen Einkommensverluste auf fast 2 Prozent.

Fairness und Effizienz

Wie lässt sich das unter Fairness-Aspekten für viele durchaus überzeugende Klimaschutzkonzept von „Contraction and Convergence“ möglicherweise kostengünstiger und damit politisch akzeptabler umsetzen – insbesondere in Hinblick auf wichtige Entwicklungsländer? Die Lösung ist in der Handelbarkeit von Emissionsrechten zu finden, wie sie von Umweltökonomern schon seit Jahrzehnten für die Umweltpolitik empfohlen und auf Mehrländerebene seit Anfang 2005 zum ersten Mal mit dem europäischen Emissionshandel umgesetzt wird. Emissionshandel ermöglicht die Erschließung der kostengünstigsten Emissionsreduktionen bei gleichzeitiger Einhaltung eines festgelegten Emissionsreduktionsziels. So können Länder mit hohen spezifischen Emissionsvermeidungskosten Emissionsrechte von Ländern mit niedrigeren Vermeidungskosten kaufen: Es wird dort gemindert, wo es am günstigsten ist – für das Klima ist es irrelevant, wo Emissionen entstehen bzw. vermindert werden. Vom direkten Emissionshandel profitieren sowohl der Käufer als auch der Verkäufer von Emissionsrechten. Auf globaler Ebene schlägt sich die Handelbarkeit von Emissionsrechten unter „Contraction and Convergence“ in einer Halbierung der gesamten Anpassungskosten nieder (Variante „Emissionshandel“ in Abbildung 1). Alle Staaten sind durch Emissionshandel

gemäß den Simulationsergebnissen auch bei Berücksichtigung indirekter Effekte (vor allem Einkommenseffekte, die durch internationale Preisveränderungen ausgelöst werden) besser gestellt. Insbesondere führt Emissionshandel für einige wichtige Entwicklungsregionen wie Indien oder Afrika zu erheblichen Wohlstandsgewinnen gegenüber einem Business-as-Usual ohne Klimaschutz: Diese Länder profitieren über ihre geringen Pro-Kopf-Emissionsintensitäten erheblich vom Emissionsrechteverkauf. Als Fazit bleibt festzuhalten: Der von der Politik aufgenommene Vorschlag zu „Contraction and Convergence“ könnte in einer Umsetzung mit Emissionshandel zu einem Meilenstein für den globalen Klimaschutz werden.

Die Autoren



Prof. Dr. Christoph Böhringer ist seit 2007 Lehrstuhlinhaber für Wirtschaftspolitik am Institut für Volkswirtschaftslehre und Statistik. Er studierte Wirtschaftsingenieurwesen in Karlsruhe. Nach Promotion (in Stuttgart) und Habilitation (in Regensburg) wurde er 2004 Professor für Volkswirtschaftslehre an der Universität Heidelberg. Zugleich leitete Böhringer den Forschungsbereich „Umwelt- und Ressourcenökonomik, Umweltmanagement“ am Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) in Mannheim. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der empirischen Analyse aktueller wirtschaftspolitischer Fragen, vornehmlich in Bezug auf die Umwelt-, Energie-, Klimaschutz- und Handelspolitik sowie dem damit verbundenen Strukturwandel auf nationaler und internationaler Ebene.



Prof. Dr. Heinz Welsch ist seit 1997 Lehrstuhlinhaber für Wirtschaftstheorie im Institut für Volkswirtschaftslehre und Statistik. Nach dem Studium der Volkswirtschaftslehre an der Universität Bonn folgte 1984 die Promotion und 1996 die Habilitation an der Universität Köln. Vor seinem Ruf an die Universität Oldenburg war Welsch am Energiewirtschaftlichen Institut an der Universität Köln tätig. Seine bevorzugten Arbeitsgebiete sind die Umwelt- und Ressourcenökonomie und die Verhaltensökonomie.

Dünnschicht-Photovoltaik in Oldenburg

Von Ingo Riedel und Jürgen Parisi

Die Photovoltaik hat sich in den vergangenen Jahren zu einem international wettbewerbsfähigen Wirtschaftszweig für Deutschland entwickelt. Die Arbeitsgruppe Photovoltaik in der Abteilung Energie- und Halbleiterforschung am Institut für Physik der Universität Oldenburg befasst sich mit der Erforschung, Entwicklung und Effizienzsteigerung von Dünnschicht-Solarzellen. U.a. geht es um die Entwicklung innovativer Konzepte zur Reduktion der Herstellungskosten und zur Erhöhung der Langzeitstabilität etablierter und neuartiger photovoltaischer Systeme. Die damit verbundenen komplexen Fragestellungen reichen von grundlegenden materialwissenschaftlichen Forschungen bis hin zur Übertragung der Bauelementherstellung auf industrielle Skalen.

In the face of global climate change and the decreasing fossil energy resources, the need for alternative means of clean energy production is becoming more and more obvious. During the past decade, the photovoltaics sector in Germany has emerged as an internationally competitive branch of the economy. For many years, the photovoltaics group in the Energy and Semiconductor Research Laboratory of the Institute of Physics at the University of Oldenburg has been engaged in the development and optimization of thin film solar cells. The team further addresses novel concepts for cost reduction and increasing the long-term stability of photovoltaic systems. These complex questions require mid- and long-term scaled interdisciplinary research, ranging from the fundamental processes in the materials involved, to the transfer of results to large-scale industrial production.



Beispiel einer fas-sadenintegrierten Photovoltaikanlage aus Dünnschichtmodulen auf Basis von Kupfer-Indium-Diselenid (CIS) am Opto-electronic Technium (OpTIC) in St Asaph, North Wales. Die Anlage besitzt eine Gesamtfläche von 1.176 Quadratmetern und eine Nominalleistung von 85 kWp. Die Konstruktion basiert auf kommerziellen Solarmodulen des Typs Shell ST36 (140x35 cm).

Als die US-amerikanischen Bell-Laboratorien vor 50 Jahren die erste Solarzelle öffentlich präsentierten, galt der Prototyp ihres „Solar Energy Converting Apparatus“ mit einem Wirkungsgrad von 6 % noch als Kuriosum. Damit hatten ihre Entwickler D. Chapin, C. Fuller und G. Pearson zwar die Effizienz aller anderen photoelektrischen Elemente deutlich übertroffen, doch abgesehen von ein paar Modellversuchen führte die Solarzelle zunächst ein Schattendasein. Erst die Erfordernis autarker Energieversorgungssysteme in der Raumfahrt und der Beginn der Ölkrise stimulierten das Interesse an der neuen Technologie. Heute schreibt man der Photovoltaik (PV) im Bereich der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien in Europa das höchste technische Potenzial aller regenerativen Energiequellen zu. Nach einem Gutachten des wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung zur Globalen Umweltveränderung (WBGU) aus dem Jahr 2003 werden in 50 Jahren rund 30 % des Energieverbrauchs mit Hilfe von regenerativen Energiequellen abgedeckt werden, wobei die solare Elektrizitätserzeugung einen wichtigen Anteil einnehmen wird. Bis heute wird der Markt mit über 80 % von siliziumbasierten Modulen beherrscht. Die

Erschließung alternativer Materialien, die mindestens vergleichsweise hohe Wirkungsgrade ermöglichen und gleichzeitig geringere Fertigungskosten für PV-Systeme erwarten lassen, entwickelt sich dabei zunehmend positiv. Aussichtsreiche Kandidaten sind sogenannte Dünnschichttechnologien, welche hochabsorbierende Halbleitermaterialien in Dünnschichten kleiner als 2 μm verwenden, ohne dass eine kostenintensive Prozessierung waferbasierter Halbleiter erforderlich ist. Die Arbeitsgruppe Photovoltaik in der Abteilung Energie- und Halbleiterforschung (EHF) am Institut für Physik beschäftigt sich mit zwei fundamentalen Ansätzen zur Dünnschicht-Photovoltaik (anorganische und organische Solarzellen), welche je nach Materialsystem unterschiedliche Märkte der solaren Energieversorgung bedienen können.

Dünnschicht-Solarzellen aus Verbindungshalbleitern

Dünnschicht-Solarzellen auf der Basis des polykristallinen Verbindungshalbleiters Kupfer-Indium-Diselenid (CuInSe_2 , kurz CIS) stellen einen alternativen Ansatz zu konventionellen Wafer-Solarzellen dar. Das Chalkopyrit CIS ist ein direkter Halbleiter,

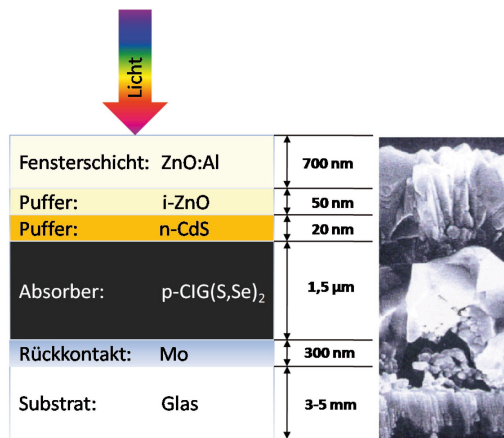
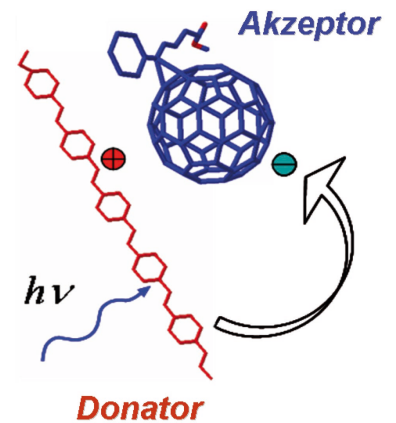


Abb. 1: (links) Schematische Darstellung des Schichtaufbaus einer CIG(S,Se)₂-Dünnschicht-Solarzelle. Das Licht wird durch den transparenten Frontkontakt (ZnO:Al und i-ZnO) durch die Pufferschicht aus Cadmiumsulfid (CdS) in die Absorberschicht gekoppelt. (rechts) Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme einer CIG(S,Se)₂-Solarzelle. Deutlich zu sehen ist die polykristalline Struktur der Absorberschicht, des ZnO und des metallischen Molybdän-Rückkontaktes.

Abb. 2: Lichtinduzierte Ladungstrennung an der Grenzfläche zwischen zwei organischen Halbleitern. Im konjugierten Polymer (Donator) werden bei Absorption von Licht positive und negative Ladungsträger freigesetzt. Das negative Elektron wird innerhalb ultrakurzer Zeitskalen über die Grenzfläche auf das fußballförmige Fulleren (Elektronenakzeptor) transferiert.



der durch Zugabe von Gallium (CIGS: Cu(In,Ga)(S,Se)₂) eine Bandlücke von 1.04 eV bis 1.64 eV aufweisen kann. CIS/CIGS zeigt eine hohe Absorption im Bereich des sichtbaren Lichts und des nahen Infrarotbereichs, so dass nur dünne Schichten zur Absorption des Lichts benötigt werden. Die Dicke der Absorberschicht einer CIS-Zelle beträgt daher nur ca. 1 µm, also 100-fach dünner als kristalline Silizium-Solarzellen. Auf Grund der großflächigen und material-einsparenden Halbleiterabscheidung durch Sputterprozesse und der Möglichkeit einer integrierten Modulverschaltung kann ein erhebliches Kosteneinsparpotenzial für das Produkt erreicht und somit die Rentabilität für den Endverbraucher deutlich erhöht werden. CIS/CIGS-Solarzellen sind keiner lichtbedingten Alterung unterworfen, jedoch müssen die Module „luftdicht“ versiegelt werden, da in heißer und feuchter Umgebung Stabilitätsprobleme auftreten (Verkapselung). Die für CIS/CIGS-Solarzellen heute zumeist verwendete Schichtstruktur ist in Abb. 1 angedeutet: Eine transparente Fensterschicht aus hochdotiertem ZnO:Al für die Einkopplung des Sonnenlichts, gefolgt von dünnen Pufferschichten aus i-ZnO und n-CdS (für das inzwischen nichttoxische Alternativen verfügbar sind), der Absorberschicht aus p-Cu(In,Ga)(S,Se)₂ und schließlich die metallische Rückelektrode aus Molybdän. Streng genommen besteht dieser Solarzellentyp aus mehreren polykristallinen Halbleiterschichten mit mehr als zehn verschiedenen Atomspezies. So erstaunen der hohe Energiewandlungswirkungsgrad und die gute Reproduzierbarkeit der Solarzellen im Herstellungsprozess. Kleine Labor-Prototypen im Quadratzentimeter-Maßstab erreichen mitunter Rekordwirkungsgrade

von 19 %, größere Solarmodule mit einer Fläche von einem Quadratmeter immerhin noch Werte von derzeit bis zu 13 %. Der Rekord bei Silizium-Solarzellen liegt derzeit für im Labor gefertigte Solarzellen bei 24 %. Die besten Solarzellen vom Fließband hergestellten Module bis zu 14-15 %.

Auch wenn seit mehr als 20 Jahren intensiv an der CIS-Solarzelle geforscht wird, sind doch wesentliche physikalische Zusammenhänge noch nicht hinreichend verstanden. So konnten mit diesem Material schon in der Anfangsphase überraschend hohe Wirkungsgrade demonstriert werden. Das Forschungsinteresse galt daher zunächst der Technologie. Andererseits stellte sich die Übertragung bekannter Methoden und Modelle aus der Halbleiterphysik auf das komplexe Materialsystem als schwierig heraus. Fest steht allerdings, dass das Wirkungsgradpotenzial (27 %) im Vergleich zum realisierten Spitzenwirkungsgrad von 19 % noch lange nicht ausgeschöpft ist. Es ist daher erforderlich, das physikalische Verständnis über dieses Material und dessen Einsatz in Dünnschicht-Solarzellen auf den gleichen Stand wie das technologische Wissen zu bringen, um das Potenzial dieses Verbindungshalbleiters für PV-Anwendungen optimal auszuschöpfen.

Die elektronischen Eigenschaften von Halbleitern hängen sensibel von materiellen Verunreinigungen (sog. Defekte) oder Fehlern im Kristallgitter ab. Diese Defekte können die elektrische Leitfähigkeit des Halbleiters sowohl verbessern (z.B. als Dotierung), aber auch verschlechtern, indem sie als Rekombinationszentren für die erzeugten Ladungsträger wirken und damit direkt den Wirkungsgrad der Solarzelle beeinflussen. Die Optimierung des Wirkungsgrades erfordert daher, die Ursachen

und Eigenschaften solcher Defekte mit Hilfe physikalischer Methoden zu identifizieren. In Oldenburg versuchen wir dieser Herausforderung durch die Anwendung verschiedener Methoden der Defektspektroskopie auf Laborsolarzellen zu begegnen. Beide Methoden sind kapazitive Techniken, die den Umstand nutzen, dass Störstellen im Halbleiter je nach Besetzung unterschiedliche Ladungszustände haben können und so zur Kapazität der Probe beitragen. Die Kombination mit komplementären Methoden gestattet eine systematische Analyse der elektrisch aktiven Zustände in CIS/CIGS-basierten Solarzellen. Unsere Arbeiten konzentrieren sich dabei insbesondere auf den Einfluss der Zusammensetzung der Absorberschicht, modifizierter Grenzflächen und atmosphärenbedingter Alterung unter beschleunigten Bedingungen: Die ungekapselten Zellen werden dabei in Klimakammern für bis zu 1.000 Stunden einer feucht-heißen Luft (85°C, 85 % Feuchte) ausgesetzt. Ein weiterer Schwerpunkt konzentriert sich auf das Studium der elektronischen Halbleitereigenschaften im Zusammenhang mit der Filmmorphologie der Einzelschichten, welche wir mit Hilfe verschiedener Methoden der Strukturanalytik untersuchen. Diese Arbeiten werden nicht nur in Kooperation mit Industrieunternehmen durchgeführt, sondern auch an selbst hergestellten Proben: Mittelfristig können die einzelnen Funktionsschichten sowie vollständig prozessierte Solarzellen auf Laborskala in Oldenburg in einer 8-Kammer-Sputteranlage hergestellt werden.

Solarzellen auf Basis organischer Halbleiter

Für einen künftig möglichst breit ausgelegten Einsatz der Photovoltaik ist es erforderlich, auch Märkte im Sektor der Konsumartikel und

der mobilen Stromversorgung mit kurzen Produktzyklen im Bereich von drei bis fünf Jahren zu erschließen. Diese Anwendungsbereiche erfordern weniger hohe Wirkungsgrade und Langzeitstabilitäten, sondern vielmehr eine extrem günstige Kostenstruktur der verwendeten Halbleiter- und Funktionsmaterialien sowie der Produktionsabläufe. Elektrisch leitfähige organische Halbleiter können diese Lücke schließen: Sie absorbieren effizient im sichtbaren Bereich des Sonnenspektrums und setzen unter Lichtanregung Elektronen frei (Chromophore). Typische Vertreter organischer Halbleiter sind sogenannte konjugierte Polymere, aber auch kleine Moleküle und organische Farbstoffe. Polymere kennt man aus dem Alltag: Verpackungen, elektrische Isolationen und Formkörper mit zum Teil mechanisch flexiblen Eigenschaften und individueller Farbgebung. Wieso aber leitet ausgerechnet ein Kunststoff elektrischen Strom? In der chemischen Struktur konjugierter Moleküle alterniert die Abfolge von Einfach- und Doppelbindungen zwischen benachbarten Kohlenstoffatomen. Erst durch diesen „konjugierten“ Aufbau erhalten die organischen Materialien die für klassische Halbleiter typischen Eigenschaften.

Gerade für den Einsatz in kostengünstig herstellbaren, organischen Solarzellen erscheinen solche Polymere besonders attraktiv: Ihre Halbleitereigenschaften lassen sich durch Variation des chemischen Grundgerüsts in Grenzen modifizieren und so der konkreten Anwendung anpassen. Die Verarbeitung dieser Makromoleküle zu hauchdünnen Absorberschichten ist dabei denkbar einfach: Die Polymere lassen sich ebenso wie viele andere Molekülhalbleiter in einem Lösungsmittel verflüssigen und über einfache Beschichtungs- oder Druckverfahren zu dünnen Filmen von wenigen 100 Nanometern Dicke verarbeiten. Eine kostengünstige Massenfertigung flexibler und großflächiger organischer Solarmodule in kontinuierlichen Rolle-zu-Rolle-Beschichtungsverfahren erscheint damit aussichtsreich. Durch Verwendung flexibler Trägerfolien und Versiegelungsschichten lassen sich organische PV-Systeme prinzipiell sogar aufrollen oder in Chipkarten und Textilien integrieren. Im Verlauf der vergangenen acht Jahre konnte der Wirkungsgrad polymerbasierter Solarzellen von etwa 1 % auf über 6 % gesteigert werden. Theoretische Abschätzungen prognostizieren darüber hinaus Wirkungsgrade von bis zu 18 % für multispektrale Stapelzellen. Als wirtschaftlich interessant gilt derzeit eine Energieausbeute von mehr als

fünf Prozent für modulverschaltete Systeme mit einer Lebensdauer von mindestens drei Jahren. Diese Ziele wollen wir im Rahmen verschiedener Förderprogramme und Verbundprojekte, die im Wesentlichen von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und der Europäischen Union (EU) gefördert werden, bereits in den kommenden Jahren erreichen.

Das Prinzip der organischen Solarzelle

Wie funktioniert nun eine organische Solarzelle? Um in organischen Halbleitern eine Trennung der durch Licht erzeugten positiven und negativen Ladungen zu erreichen, wird neben einem lichtabsorbierenden Chromophor (Donator) ein weiteres Material benötigt: Starke Elektronenakzeptoren, z.B. Fullerene (C60), nehmen Elektronen aus ihrer Umgebung auf und leiten diese an benachbarte Moleküle weiter. Die in den angeregten Chromophoren erzeugten positiven und negativen Ladungen (Exzitonen) werden an der Grenzfläche – ähnlich wie in der Photosynthese – durch einen Elektronentransfer räumlich getrennt, so dass das Elektron auf das Akzeptormolekül übergeht, während im Chromophor eine positive Ladung zurückbleibt (Abb. 2). In der einfachsten Form werden die halbleitenden Kunststoffe in der Lösung mit den Akzeptormolekülen vermischt und anschließend zu einer Dünnschicht verarbeitet. Auf diese Weise entsteht ein lichtabsorbierender Film, in der die Grenzfläche zwischen Polymer und Akzeptor über das Volumen der Schicht verteilt ist. Nach ihrer Erzeugung wandern die positiven Ladungen innerhalb der Polymermatrix, die Elektronen über die Akzeptorphase durch die Schicht nach außen, wo sie über flächig aufgebraute Elektroden an einen äußeren Verbraucher oder einen elektrischen Speicher abgeführt werden (Abb. 3). In einer effizient arbeitenden organischen Solarzelle kommt es besonders auf die optimale Kombination von Donator und Akzeptor an. Ein hoher Wirkungsgrad der Zelle kann nur dann erreicht werden, wenn das Polymer im richtigen Spektralbereich absorbiert, die Elektronen schnell vom Polymer auf das Akzeptormolekül übertragen werden und die für den Abtransport der Ladungen erforderliche Strecke zur Elektrode möglichst schnell überwunden werden kann.

In der Arbeitsgruppe Photovoltaik entwickeln wir Solarzellen auf der Basis halbleitender Kunststoffe, organischer Kleinmoleküle und

Hybridsysteme aus konjugierten Polymeren und anorganischen Nanokristallen. Für den erfolgreichen Einsatz neuer Halbleitersysteme ist eine umfassende Untersuchung der photophysikalischen Elementarprozesse sowie des Ladungstransports in den heterogenen Halbleitergemischen erforderlich, um einerseits prinzipielle Limitationen zu evaluieren und andererseits vorhandene Verlustprozesse zu identifizieren. Unsere aktuellen Arbeiten zielen insbesondere darauf ab, effizientere Zellkonzepte zu entwickeln, welche u.a. nanostrukturierte Elektroden und anorganische Nanokristalle als hochabsorbierendes Akzeptormaterial vorsehen. Unsere technologischen Arbeitsschwerpunkte befassen sich mit neuen Verfahren der Halbleiterapplikation, der Modulverschaltung einzelner Solarzellen, der Elektrodenoptimierung sowie der Entwicklung leistungsfähiger Verkapselungen zur Erhöhung der Langzeitstabilität.

Die Autoren



Prof. Dr. Jürgen Parisi, Leiter der Abteilung Energie- und Halbleiterforschung (EHF) am Institut für Physik, wurde 1995 nach Oldenburg berufen. Vorher war er Professor für Experimentelle Physik an den Universitäten

Bayreuth und Zürich. Parisi studierte Physik an der Universität Stuttgart, promovierte und habilitierte sich in Experimenteller Physik an der Universität Tübingen. Die Forschungsaktivitäten seiner Arbeitsgruppe reichen von den physikalischen Grundlagen kondensierter Materie bis hin zu technischen Anwendungen regenerativer Energiesysteme. Schwerpunkte sind Optoelektronik, Photovoltaik, Sensorik, Nanochemie und Energiemeteorologie.



Dr. Ingo Riedel leitet seit Ende 2007 die EWE-Nachwuchsstudien-Gruppe Dünnschicht-Photovoltaik in der Abteilung Energie- und Halbleiterforschung (EHF) am Institut für Physik. Zuvor war er Leiter der von ihm

aufgebauten Arbeitsgruppe Organische Photovoltaik und Elektronik in der Würzburger Abteilung des Bayerischen Zentrums für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern). Riedel studierte Physik in Oldenburg, 2001 promovierte er in der Abteilung EHF.

Aus bewegter Luft wird Strom: Aktuelle Forschung zur Nutzung der Windenergie

Von Detlev Heinemann und Joachim Peinke

Die Windenergie ist ein entscheidender Baustein, um den angestrebten Anteil Erneuerbarer Energien von 20 Prozent am Energieverbrauch in Deutschland bis 2020 zu erreichen. Dabei wird die Nutzung der Offshore-Technologie eine zentrale Rolle spielen. Die Universität Oldenburg ist maßgeblich an einem Forschungsprogramm beteiligt, das die Errichtung des ersten deutschen Offshore-Windparks nördlich von Borkum wissenschaftlich begleitet.



25 Gigawatt installierter Leistung bis 2030: Windenergie-Anlage auf dem Meer

Wind power is an essential element for achieving the target of supplying 20% of Germany's energy consumption through means of renewable energy by the year 2020. The use of offshore-technology will be of crucial importance in this process. Oldenburg University has a leading role in a research program, which has a scientific consulting role in the installation of Germany's first offshore wind-park off the coast of Borkum.

Die „Erfolgsstory der Windenergie“ (s. EINBLICKE Nr. 32, 2000) setzt sich fort. Heute deckt die Windenergie mehr als 7 Prozent des deutschen Stromverbrauchs, in Niedersachsen sind es sogar bereits 20 Prozent. Aus 5 Gigawatt installierter Leistung im Jahr 2000 sind heute in Deutschland über 22 Gigawatt geworden. Damit ist die Windenergie ein entscheidender Baustein, um den angestrebten Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch von 20 Prozent bis 2020 zu erreichen. Auch der Weltmarkt entwickelt sich rasant. Mit jährlichen Wachstumsraten von über 30 Prozent werden inzwischen weltweite Umsatzzahlen von über 20 Milliarden Euro erzielt.

Neben der Entwicklung zu einem etablierten Industriezweig ist der nationale Windenergiesektor wesentlich durch die Hinwendung zur Nutzung der Windenergie auf dem Meer geprägt, auch wenn dort bislang noch keine Windparks errichtet wurden. Die sogenannte Offshore-Strategie der Bundesregierung hat zum Ziel, dass bis zum Jahr 2030 Windparks von bis zu 25 Gigawatt installierter Leistung in Offshore-Regionen errichtet werden. Das

Offshore-Testfeld „Alpha Ventus“, dessen erste Anlagen 2008 installiert werden, macht dabei den Anfang. Als erster deutscher Windpark wird das Testfeld unter echten Offshore-Bedingungen 45 Kilometer nördlich der Insel Borkum in einer Wassertiefe von 30 Metern errichtet. Mit Konstruktion, Bau, Betrieb und Netzintegration von „Alpha Ventus“ sollen grundlegende Erfahrungen im Hinblick auf die zukünftige Nutzung der Offshore-Windenergie gesammelt werden.

Das Testfeld wird von einem umfassenden Forschungsprogramm („RAVE - Research at Alpha Ventus“) begleitet, an dem die Universität Oldenburg mit dem Zentrum für Windenergieforschung ForWind maßgeblich beteiligt ist. Das breite Spektrum des Forschungsprogramms umfasst Belastungsuntersuchungen, Modellierung und Weiterentwicklung der Komponenten von Offshore-Windenergieanlagen, Netzintegration der Offshore-Windenergie, Weiterentwicklung von LIDAR-Windmessverfahren, Offshore-Gründungskonstruktionen, meteorologische Randbedingungen, Schallübertragung zwischen Turm und Wasser und ökologische Forschung.

Ausgewählte Themen der Oldenburger Windenergie

Die Optimierung von Windenergieanlagen geschieht heute weitgehend auf der Basis von Computerprogrammen. Wesentlich ist dabei die Berechnung der auf den Rotor wirkenden Lasten, wofür meist eine in einer Norm festgelegte Windfeldstatistik verwendet wird. Gemessene Winddaten zeigen jedoch ein anderes Verhalten („Intermittenz“) und folgen anderen statistischen Beziehungen (siehe Beitrag zur Turbulenz in diesem Heft). Aeroelastische Simulationsprogramme helfen hier, die auftretenden Lasten als Folge der turbulenten Windfelder realistisch zu berechnen. Kern der Arbeiten ist die Weiterentwicklung eines Rotormodells, in dem aktuelle Forschungsergebnisse aus der Strömungsdynamik an Rotorblättern Eingang finden.

Numerische Simulationen dienen auch dazu, grundsätzliche Fragen der Umströmung von Rotorblättern sowie der Wechselwirkung der Windenergieanlagen mit dem turbulenten Windfeld zu beschreiben. Dabei kommen verstärkt Methoden der "Computational Fluid Dynamics" (CFD) zum Einsatz, vor allem, um die turbulenten Strömungen zeitaufgelöst detailliert darstellen können. Wegen des äußerst hohen Rechenaufwands sind moderne Verfahren wie die Large Eddy Simulation (LES) oder die Direct Numerical Simulation (DNS) erst jetzt für Anwendungen wie die Windenergie einsetzbar.

Computersimulationen machen Experimente jedoch nicht überflüssig. Der akustische Windkanal der Universität erlaubt, Kräfte an Strömungskörpern unter vorgegebenen Randbedingungen zu vermessen. Benutzt werden hierfür berührungslose druckintegrierende Verfahren. Damit ist es zum Beispiel möglich, Widerstandsänderungen durch verschiedene Oberflächenbeschaffenheiten eines Rotorblatts, z.B. durch Verschmutzungen, exakt zu bestimmen. Dabei stehen Messverfahren wie zum Beispiel die Hitzdrahtanemometrie oder die Laser-Doppler-Anemometrie zur Verfügung. Grundsätzlich ermöglichen entsprechende Messungen eine bessere Nachbildung von realen Kräften auf Rotorblättern in Computermodellen.

So genannte Leistungskennlinien beschreiben den Zusammenhang zwischen der Leistung einer Windenergieanlage und der Windgeschwindigkeit. Zu ihrer Bestimmung werden genormte Verfahren eingesetzt. Leider ist auch hier die Realität komplexer als eine Norm. Vielfältige meteorologische

Einflüsse verändern diesen Zusammenhang permanent. Untersuchungen der Kurzzeitdynamik von Windenergieanlagen im Zusammenhang mit den turbulenten Strukturen des anströmenden Windes und deren Beschreibung als stochastischer Prozess bilden die Grundlage für die Bestimmung einer situationsabhängigen dynamischen Leistungskennlinie. Diese hat sich bereits als eine sehr wirkungsvolle Alternative zur genormten Leistungskennlinie erwiesen.

Unzureichende Informationen über die Windverhältnisse an potentiellen Standorten sind meist ein erhebliches Investitionshindernis. Detaillierte quantitative Beschreibungen des Windpotentials können über Simulationen mit mesoskaligen Strömungsmodellen gewonnen werden. Diese Modelle berechnen atmosphärische Prozesse und meteorologische Felder in Auflösungen von unter einem km bis zu ca. 100 km. In Verbindung mit Auswertungen von kurzen Zeitreihen örtlicher Messungen und zuverlässigen Langzeitdaten in grober Auflösung können so hoch aufgelöste Windfelder in der atmosphärischen Grenzschicht bestimmt werden, um langfristige Berechnungen des Windpotential für Windpark-Standorte und kurzfristige Vorhersagen der Windleistung zu erstellen. Sogar Szenarien möglicher Veränderungen des Windklimas z.B. über die Lebensdauer von Windparks lassen sich hiermit berechnen.

Die Bestimmung von Extremereignissen ist für die Offshore-Nutzung der Windenergie besonders wichtig, da hier besonders extreme Windverhältnisse wesentlich häufiger auftreten. Extremwerte sind dabei die größten zu erwartenden Ereignisse, die in der Statistik von Zeitreihen der Windgeschwindigkeit enthalten sind. Die Auslegung von Windenergieanlagen erfordert zwingend Informationen über die zu erwartenden Extremwerte. Bei ihrer Charakterisierung sind unterschiedliche Größenordnungen relevant. Diese reichen von großen Stürmen, die eine Anlage oder Rotorblätter beschädigen, bis zu starken Böen, deren häufiges Auftreten zu einer erhöhten mechanischen Belastung im Dauerbetrieb führen. Extremereignisse bekommen für die Offshore-Nutzung eine besonders hohe Bedeutung, die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens ist eine der wesentlichen Auslegungsgrößen für die Anlagen.

Die Strömungssituation im Windschatten einer Windenergieanlage ist grundsätzlich gegenüber der ungestörten Strömung verändert. Diese Nachlaufströmungen („Wakes“) beeinflussen meist erheblich die Leistung nachfolgender Anlagen. Unter Offshore-

Bedingungen erstreckt sich dieser Einfluss wegen einer geringeren Durchmischung über grössere Entfernungen. Zusätzlich werden Nachlauf-Effekte ganzer Windparks auftreten. Der erhöhte Turbulenzgrad der Nachlaufströmungen führt zu ansteigenden mechanischen Belastungen für Anlagen und insbesondere Rotorblätter. Hoch auflösende numerische Modelle und präzise Strömungsmessungen helfen hierbei, die entscheidenden Kenntnisse und Daten zu liefern, um Anlagen optimal aufzustellen und künftige Anlagengenerationen an diese Bedingungen anzupassen.

Vorhersagen des erzeugten Windstroms besitzen in unterschiedlichen Zusammenhängen eine sehr hohe wirtschaftliche Bedeutung. Neben der Erstellung von operationell verwendbaren Vorhersagen dienen entsprechende Modelle als Forschungsinstrument für anwendungsspezifische Vorhersagen, Szenarien hoher Netzeinspeisungen aus Windenergie, Untersuchungen zur situationsabhängigen Güte der Vorhersagen und Kombination verschiedener Datenquellen zur Optimierung der Vorhersagequalität.

Fazit

Die Windenergieforschung an der Universität steht beispielhaft für die Oldenburger Energieforschung: National und international sichtbar, aber gleichzeitig von hoher regionaler Bedeutung als Nukleus vernetzter Forschungsaktivitäten in der Region, Partner für die regionale Wirtschaft und Impulsgeber für zahlreiche aus dem Forschungsbereich heraus gegründete Unternehmen.

Die Autoren



Dr. Detlev Heinemann, Akademischer Rat am Institut für Physik, studierte Meteorologie in Kiel und promovierte 1990 in Oldenburg im Bereich Energieforschung. Seine Forschungsschwerpunkte sind Energie-

meteorologie, Windenergiekonversion und Energiesystemforschung, in denen er zahlreiche nationale und internationale Forschungsvorhaben leitete. Heinemann war Gründungssprecher des Zentrums für Windenergieforschung, ForWind, und ist gegenwärtig Sprecher des virtuellen Instituts für Energiemeteorologie (vIEM). Prof. Dr. Joachim Peinke s. S. 18

Turbulenz und Windenergie

Von Joachim Peinke und Julia Gottschall

In diesem Beitrag wird zunächst geklärt, was Turbulenz ist und welche besonderen Eigenschaften turbulente Strömungen haben. Insbesondere wird auf die Charakterisierung der turbulenten Unordnung mit anomalen Statistiken eingegangen. Im Hinblick auf das Thema Erneuerbare Energien werden Windböen als Turbulenzphänomen charakterisiert. Zum Schluss geht es um die Auswirkungen von Windturbulenzen auf Windenergieanlagen.



Zeichnung einer turbulenten Bachströmung von Leonardo da Vinci.

This article first explains what turbulence is and what characteristics turbulent flows have. Special attention is paid to the characterization of turbulent disorder with anomalous statistics. Wind gusts are then described as turbulence phenomena, and finally the authors turn to the effects of wind turbulence on wind energy plants.

Turbulenz bezeichnet einen Strömungszustand, der durch Unordnung geprägt ist. Allein durch die Beobachtung von turbulenten Strömungen, zum Beispiel der Wolkendynamik oder des Fließens von Wasser, ist zu erkennen, dass in der Turbulenz große und kleine Wirbel miteinander in Wechselwirkung stehen. Diese Erkenntnis hatte schon Leonardo da Vinci (1452-1519), was seine Darstellung einer Bachströmung belegt. Der Engländer Lewis Richardson (1881-1953) entwickelte 1922 aus Wolkenbeobachtungen die Kaskadenidee für die wissenschaftliche Modellierung der Turbulenz. In einer kaskadenartigen Struktur erzeugen große Wirbel kleinere Wirbel, ebenso wie die kleineren noch kleinere erzeugen. Die Struktur ineinander verschachtelter Wirbel, vergleichbar mit der Puppe in der Puppe, erzeugt die turbulente Bewegung des Wassers oder der Luft bzw. des Fluids. Diese Wirbelkaskade wird durch einen stetigen Energiefluss, der fortwährend große Wirbel erzeugt, aufrechterhalten. Diese verwirbelte, turbulente Struktur führt dazu, dass Fluidteilchen eine sehr komplexe ungeordnete Bewegung vollführen, was die viel genutzte Mischeigenschaften von turbulenten Strömungen begründet.

Die turbulente Kaskade und deren hervorragende Mischeigenschaft nutzen wir oft im alltäglichen Leben. Mit dem Umrühren des morgendlichen Kaffees starten wir mit

einem kleinen Turbulenzexperiment den Tag. Auf der großen Längenskala der Tasse erzeugen wir mit der Rührbewegung des Löffels einen großen Wirbel, der instabil ist und in einem kaskadenartigen Prozess kleinere Wirbel erzeugt, die ihrerseits noch kleinere Wirbel erzeugen und so sehr schnell und effektiv mittels turbulenter Strömung den Kaffee mit Milch oder Zucker mischen. Eine andere langsame, aber sehr anschauliche Weise, die Milch im Kaffee zu mischen, ist die durch Konvektion getriebene Turbulenz. Hierzu gießt man vorsichtig etwas Milch in den Kaffee und wartet ab, bis sich die Konvektion einstellt. Warme Fluidteilchen aus dem unteren Bereich der Tasse steigen auf, während die an der Oberfläche und an den Rändern abgekühlten Fluidteilchen absinken, was wiederum zu Wirbeln und Turbulenz führt.

Derartige turbulente Strömungen finden wir auch in der Atmosphäre und im Wetter. Von Satelliten aufgenommene Wetterbilder belegen ausgeprägte Wirbelstrukturen. Für die atmosphärische Strömung ist im Wesentlichen die Sonne als Energielieferant bzw. als Motor zu nennen. Es ist die Sonnenenergie, die zur Aufwärmung des Bodens und der Luft führt und damit turbulente Konvektionen und Winde antreibt.

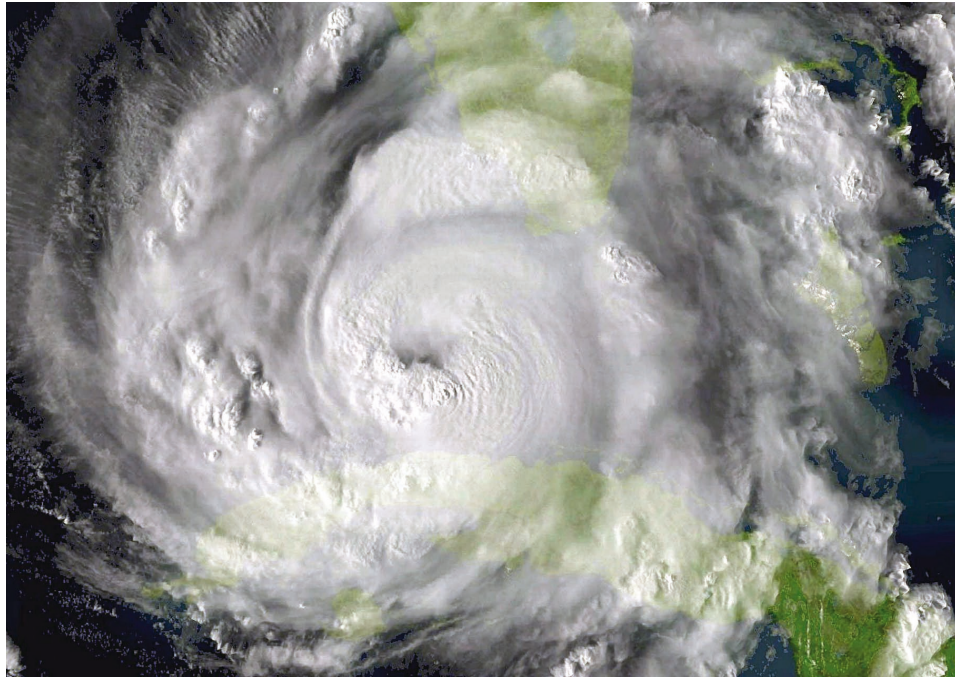
Der Unterschied in der turbulenten Strömung in einer Kaffeetasse und in der Atmosphäre besteht im Wesentlichen in der Stärke der

Turbulenz. Die Stärke kann durch die Größe der Reynoldszahl quantifiziert werden. Die Reynoldszahl berechnet sich aus der typischen Geschwindigkeit u des Fluids, der Größe L der Strömung und der kinematischen Viskosität ν des Fluids, also den Materialeigenschaften, gemäß $Re = uL/\nu$.

Bewegte Blätter

Für die Tasse können wir mit der Geschwindigkeit des Kaffees von ungefähr $u = 0,01 \text{ m/sec}$, mit der Tassengröße von ungefähr $L = 0,05 \text{ m}$ und einer kinematischen Viskosität von $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$ eine Reynoldszahl von

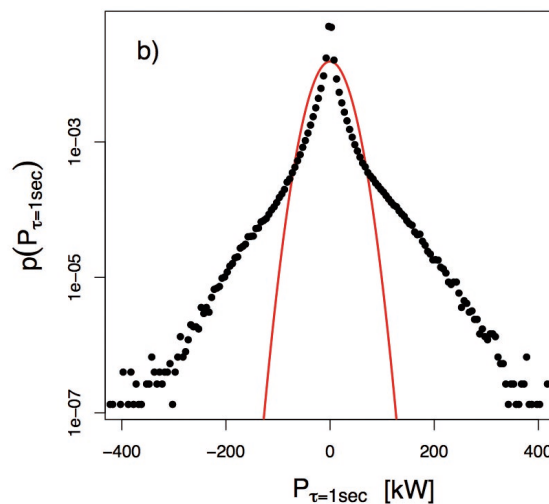
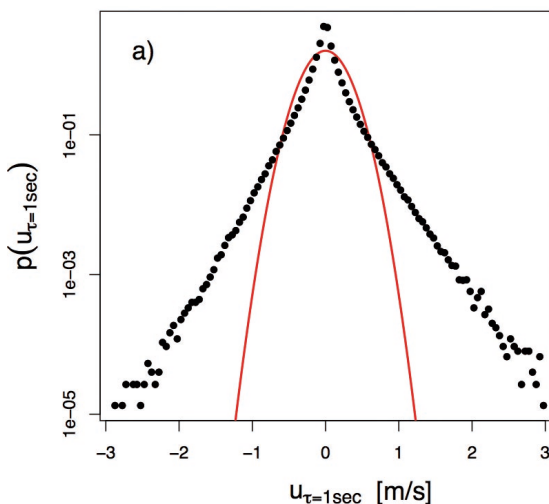
$Re \approx 500$ abschätzen; während für die atmosphärische Turbulenz die Reynoldszahl mit $Re \approx 10^{10}$ um vieles größer ist. Große Reynoldszahlen ändern nicht das Prinzip der Turbulenz mit der kaskadenartigen Wirbelstruktur. Große Reynoldszahlen bedeuten, dass der Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Wirbel größer wird, was bei festgehaltener größter Länge bedeutet, dass mit zunehmender Reynoldszahl immer kleinere Wirbel entstehen. Das schnellere Umrühren des Kaffees erhöht über die Geschwindigkeit des Kaffees die Reynoldszahl. Der größte Wirbel hat weiterhin die Größe



Ausgeprägte Wirbelstrukturen: Ein vom Satelliten aufgenommenes Wetterbild.

der Tasse. Eine stärkere Kaskade kann noch kleinere Wirbel erzeugen. Bezeichnet man mit L die Größe des größten Wirbels und mit η die des kleinsten Wirbels, dann gilt die Beziehung $Re = (L/\eta)^{3/4}$, was belegt, dass die turbulenten Winde auch Wirbel auf kleinsten Längen erzeugen. Dieses Phänomen ist im Herbst an der Bewegung von Laubblättern eindrucksvoll zu beobachten. Bei der Charakterisierung der Turbulenz bis hierher wurden nur nachvollziehbare mechanische Vorstellungen herangezogen. Die mathematisch-physikalische Beschreibung benötigt auch nicht mehr. Die

Grundgleichung der Turbulenz, die Navier-Stokes-Gleichung, ist nichts anderes als die bekannte Newtonsche Gleichung Kraft = Masse x Beschleunigung. Bei der Masse muss man berücksichtigen, dass es in einem Fluid nur eine Massendichte gibt, die über den Raum verteilt ist. Die Kräfte, die auf ein Fluidelement, etwa einen Tropfen im fließenden Bach wirken, sind erstens die viskose Reibungskraft, falls sich der Tropfen schneller bewegt als seine Umgebung, zweitens die Druckkraft, die etwa zwischen Hoch- und Tiefdruckgebiet zur Ausbildung von Windströmungen führt oder die Zugluft



Gemessene Wahrscheinlichkeitsverteilungen von Wind- und Leistungsschwankungen innerhalb einer Sekunde, a) Windgeschwindigkeitsinkremente, b) Leistungsinkremente jeweils für 1 sec.

in einem Zimmer bewirkt, sowie drittens äußere Kräfte, wie die Gravitationskraft, die zum Beispiel auch zur Konvektion führt, also schwere (kalte) Fluidteilchen nach unten fallen lässt.

Schon 1848 wurden diese Gleichungen aufgestellt. Das Besondere an diesem mechanischen Problem und damit an der Turbulenz ist, dass bis heute keine allgemeinen Lösungen der Gleichungen bekannt sind. Es gibt weder eine mathematische noch eine physikalische Lösung; auch der Einsatz größter Computer hat es bisher nicht ermöglicht, eine turbulente Strömung exakt zu berechnen. In der Mathematik ist die Turbulenz eine der sieben Jahrtausendfragen, welche im Jahr 2000 vom „Clay Mathematics Institute“, mit jeweils einer Million Dollar Preisgeld, ausgelobt wurden. Ein zentraler, nicht verstandener Aspekt betrifft die Stärke der kleinsten Wirbel. Für die atmosphärische Windströmung sind nach unseren Forschungsergebnissen diese kleinsten Wirbel für die Ausbildung von Windböen verantwortlich.

Was eine Windböe ausmacht

Ein allgemein verwendetes Maß für die kleinsten Wirbel in einer turbulenten Strömung sind die Geschwindigkeitsfluktuationen $u_r = u(x+r; t) - u(x, t)$ über einen Abstand r oder $u_\tau = u(x, t+\tau) - u(x, t)$ über einen Zeitabstand τ . Solche Größen kann man leicht mit einer oder mit zwei Geschwindigkeitsmesssonden („Anemometer“) messen. Während für große r - und τ -Werte die Geschwindigkeitsfluktuationen einfachen Zufallszahlen ähneln, die man mathematisch sehr gut mit Gaußverteilungen beschreiben kann, fällt es bis heute schwer, die Statistik und damit Erscheinungswahrscheinlichkeit der Geschwindigkeitsfluktuationen für kleine r - und τ -Werte zu beschreiben. In den beiden Schaubildern auf Seite 17 unten ist eine solche gemessene Verteilung zu sehen. Aus gemessenen Winddaten wurden hier mit dem zeitlichen Abstand von 1 sec die Geschwindigkeitsänderungen bestimmt und die Häufigkeit der Werte dargestellt. Zum Vergleich ist eine normale Zufallsstatistik (Gaußverteilung) eingezeichnet, welche sich mathematisch etwa durch einen Würfelprozess beschreiben ließe. Das Besondere ist, dass die Auftrittswahrscheinlichkeit von großen Werten viel größer ist, als dies für die Gaußstatistik der Fall ist. Aus der Messung (Schaubild a)) kann man erkennen, dass die größten Geschwindigkeitsänderungen viele Zehnerpotenzen häufiger auftreten. Ein Unterschied in der Wahrscheinlichkeit von 10^6 bedeutet etwa, dass ein Ereignis, welches

einmal pro Jahr für eine Gaußverteilung erwartet wird, 10^6 mal häufiger, also alle 30 Sekunden auftritt. In der Messung, der das Schaubild a) zugrunde liegt, wurden große Windschwankungen von bis zu 3 m/sec ermittelt, die täglich auftraten, die aber für eine entsprechende Gaußverteilung nicht einmal im Laufe von Jahrzehnten erwartet würden. Eine Änderung der Windgeschwindigkeit an einem ortsfesten Punkt um 3 m/sec oder 10 km/h innerhalb einer Sekunde ist unserer Meinung nach das, was eine Windböe ausmacht. Hier sei angemerkt, dass es noch ein offenes Problem ist, was eine Windböe ist bzw. wie man diese charakterisieren oder definieren soll.

Mit dieser Beschreibung der anomalen Statistik kleinskaliger Turbulenz ist der Bezug zu den wetterabhängigen, Erneuerbaren Energien leicht zu erklären. Wetterstrukturen wie Wolken und Windstärken sind durch die Turbulenz geprägt. Aus oben Gesagtem folgt, dass für Windverhältnisse, die auf eine Windenergieanlage einwirken, Eigenschaften der kleinskaligen Turbulenz gelten. (Eine Windenergieanlage mit einer Größe bis zu 100 Metern ist im Verhältnis zu den größten Strukturen der atmosphärischen Turbulenz sehr klein und Messungen zufolge mit anomalen Fluktuationsstatistiken oder vielen Böen behaftet.) Diese Geschwindigkeitsfluktuationen rütteln permanent an Windenergieanlagen, die ja gerade dort betrieben werden, wo viel Wind weht und damit starke Turbulenzen mit großen Reynoldszahlen vorherrschen. Diese Turbulenzeinflüsse auf eine Windenergieanlage ist ein herausforderndes wissenschaftliches Thema mit vielen strömungsmechanischen und dynamischen Aspekten.

Neben den mechanischen Lastaspekten wirkt sich auch die Turbulenzstatistik auf die Leistungsabgabe einer Windenergieanlage aus. Im Schaubild b) ist die Statistik der Leistungsfluktuation einer Windkraftanlage zu sehen. Auch hier wird die extrem erhöhte Wahrscheinlichkeit von großen Leistungsfluktuationen innerhalb kurzer Zeitabstände deutlich. Mehr als 10 % Leistungsschwankung in wenigen Sekunden ist nicht unwahrscheinlich. Das Verständnis der Turbulenz von Windverhältnissen lässt erwarten, dass man diese anomalen Statistiken auch auf die Leistungsabgabe von ganzen Windparks übertragen kann. Bei dem Ziel, einen sehr großen Anteil von Erneuerbaren Energie (insbesondere Windenergie) in der elektrischen Energieerzeugung zu verwirklichen, wird es von sehr großer Bedeutung sein, diese Fluktuationsstatistik wenigstens

empirisch besser zu verstehen, um unerwartete Instabilitäten im elektrischen Netz zu vermeiden. Unserer Meinung nach sind bisher diese durch die Windturbulenzen bewirkten Kurzzeitschwankungen zu wenig berücksichtigt worden. Jede verbesserte Erkenntnis dieser turbulenten Unordnungsphänomene wird dazu beitragen, dass etwaige Energiespeichersysteme in Richtung höherer Systemsicherheit und niedrigerer Speicherkosten optimiert werden können. Hier sei angemerkt, dass in den letzten Jahren große Fortschritte in der Turbulenzforschung stattgefunden haben. Auch wenn es noch keine allgemeine Lösung des Turbulenzproblems gibt, so ist es doch inzwischen möglich, die Turbulenz empirisch relativ gut zu erfassen. Beispielsweise ist es dem Oldenburger Physiker Andreas P. Nawroth 2007 in seiner Doktorarbeit gelungen, numerische Modelle aufzustellen, die Turbulenzsignale mit richtigen n -Punktkorrelationen berechnen.

Die Autoren



Prof. Dr. Joachim Peinke ist Leiter der Arbeitsgruppe Hydrodynamik und Windenergie im Institut für Physik sowie Sprecher des Zentrums für Windenergieforschung „ForWind“ der Universität Oldenburg und Hannover. Er studierte Physik in Tübingen und Corvallis (Oregon, USA). Nach Promotion und Habilitation in Tübingen war Peinke u.a. Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Heisenberg-Stipendiat am Centre National de la Recherche Scientifique in Grenoble, bevor er 1998 an die Universität Oldenburg berufen wurde. Sein Forschungsschwerpunkt ist die Komplexitätsforschung in strömungsphysikalischen Systemen, wie Turbulenz und Windenergie, mit Anwendungen in anderen Gebieten.



Julia Gottschall studierte Physik in Heidelberg und Uppsala (Schweden) und beendete ihr Studium mit einem Master of Science in Theoretischer Physik. Seit 2005 promoviert sie in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Joachim Peinke. Schwerpunkt ihrer Forschung ist die Rekonstruktion von stochastischen Prozessen mit Anwendungen u.a. in der Windenergieforschung.

Der Einfluss von Wetter und Klima auf die Energieversorgung

Von Annette Hammer, Detlev Heinemann, Elke Lorenz und Abha Sood

Mit der rasanten Entwicklung der Erneuerbaren Energien wächst die Bedeutung der Faktoren Wetter und Klima, die bei der Nutzung von Kohle, Öl und Gas nur ein Randthema waren. Das räumlich und zeitlich schwankende Angebot der neuen „Brennstoffe“ Sonne und Wind haben meteorologische Informationen zu einer Schlüsselrolle für einen wirtschaftlichen Einsatz dieser neuen Technologien werden lassen. Diesem Bedarf an Know-how und Information stellt sich das neue interdisziplinäre Forschungsgebiet Energiemeteorologie.



Wolken schmälern das Angebot des „Brennstoffs“ Sonne: ein Thema des neuen Forschungsgebiets Energiemeteorologie.

With the rapid development of renewable energy production, the importance of weather and climate is growing as well, factors that were hardly important for energy production from coal, oil and gas. Because the availability of the new sources of energy, sun and wind, varies with time and place, meteorological information has gained a key role in the financially viable use of these new technologies. The new interdisciplinary research area energy meteorology is meant to provide the necessary know-how and information in this area.

Kein Zweifel, Erneuerbare Energien werden künftig in großem Umfang zur globalen Energieversorgung beitragen. Dies erfordert jedoch ein Umdenken im Umgang mit der Ressource „Energie“. Fossile Quellen sind in ihrer Menge bekanntlich deutlich begrenzt, aber ihre Leistung ist im Rahmen der installierten Kraftwerkskapazitäten nahezu beliebig verfügbar. Solar- und Windenergie dagegen zeigen keine praktische Begrenzung, ihre Leistung ist jedoch prinzipiell durch die natürlichen Schwankungen bestimmt.

Die hohe Bedeutung von präzisen Informationen über das verfügbare Angebot aus Sonnen- und Windenergie für den Einsatz Erneuerbarer Energien ist somit unmittelbar einleuchtend. Die Planung künftiger Solar- und Windkraftwerke erfordert genaue Kenntnis über die potenziell verfügbare Energie an einem bestimmten Standort, der wirtschaftliche Betrieb dieser Anlagen bedarf genauer Vorhersagen über das aktuelle Energieangebot, und die Entwicklung kommender Generationen von Anlagen wird nicht ohne eine detaillierte Spezifikation der relevanten meteorologischen Bedingungen auskommen.

An der Schnittstelle zwischen Atmosphärenphysik und Energiesystemforschung angesiedelt, behandelt die Energiemeteorologie grundsätzlich die vielfältigen Einflüsse von Wetter und Klima auf Umwandlung, Übertragung und Nutzung von Energie. Dabei verknüpft sie meteorologische mit physikalisch-technischen Fragestellungen. Grundsätzlich lassen sich energiemeteorologische Methoden in Verfahren der Ressourcenabschätzung („Wieviel Energie kann langfristig an einem Standort gewonnen werden?“) und Verfahren zur Bestimmung der aktuellen oder kurzfristig zu erwartenden Energie („Wieviel Leistung steht wann und wo zur Verfügung?“) einordnen. Abschätzungen von langfristigen klimabedingten Änderungen der Potenziale von Wind- und Solarenergie sowie mögliche Veränderungen des lokalen Klimas durch die Energieerzeugung selbst sind weitere Themen der energiemeteorologischen Forschung.

Satellitendaten und Solarenergie

Satellitendaten sind für Meteorologie und Klimatologie neben Bodendaten die wesentliche Informationsquelle. So liefern

sie auch für die Bestimmung der Sonneneinstrahlung am Erdboden wertvolle Daten, indem sie sämtliche Strahlungsflüsse erfassen, die von der Erde in den Weltraum gerichtet sind. Daraus kann mit Hilfe der Physik des Strahlungstransportes und der Kenntnis über Zusammensetzung und Zustand der Atmosphäre grundsätzlich das Solarenergieangebot am Erdboden berechnet werden. Die dabei erreichte Genauigkeit ist für viele Anwendungen mit Bodenmessungen vergleichbar, die räumliche Auflösung (typisch: 3-5 km) ist der der Bodenmessnetze weit überlegen.

Neue Verfahren wie das in Oldenburg entwickelte HELIOSAT-3 nutzen Daten der neuen Generation von METEOSAT-Satelliten, die neben der Rückstreuung des sichtbaren Sonnenlichts vielfältige weitere Informationen – insbesondere über die Bewölkung – bereitstellen und ein genaueres Bild der Atmosphäre liefern. Dieser Zuwachs an Information ist verbunden mit einer gegenüber den Vorgängersatelliten verdoppelten räumlichen und zeitlichen Auflösung. Dies sind gute Voraussetzungen, um vielfältige, für die Anwendungen wichtige Solarstrahlungsinformation zu gewinnen.

Satellitendaten erlauben darüber hinaus die Untersuchung der räumlichen und zeitlichen Variabilität der Solarstrahlung, die für eine Betrachtung der gleichzeitigen Erzeugung in räumlich verteilten, vernetzten Energiesystemen notwendig ist. Sie können ebenfalls zur Sicherstellung eines dauerhaft effizienten Betriebs von Solaranlagen beitragen. Flächendeckend kann mit den bestimmten Einstrahlungswerten die Leistung von Solaranlagen berechnet und überprüft werden, Fehlfunktionen lassen sich so kurzfristig erkennen und beheben – und der Nutzen der Solarenergie steigt.

Solar- und Windenergie

Die zeitliche Verfügbarkeit von Energie ist ein wesentlicher wertbestimmender Faktor. Daher gilt es, die Unsicherheiten durch die schwankenden Beiträge aus Erneuerbaren Energien deutlich zu reduzieren, indem präzise Informationen über die zu erwartende Erzeugung bereitgestellt werden. Wind- und Solarleistungsvorhersagen im Bereich von 1-3 Tagen basieren durchweg auf numerischen Wettervorhersagen, verwenden jedoch unterschiedliche Verfahren, die Ergebnisse dieser Wettermodelle in entsprechende Leistungen der Solar- und Windenergiesysteme zu übertragen. Dies geschieht durch Nutzung von statistischen

Zusammenhängen und mit Hilfe weitergehender physikalischer Modellierungen.

Aktuelle Entwicklungen zielen auf die Bestimmung und Einbeziehung der Vorhersageunsicherheiten, die intelligente Verwendung unterschiedlicher Vorhersageinformation sowie auf sogenannte Post-Processing-Verfahren zur nachträglichen Prozessierung von Vorhersagedaten. Im Fall der Solarstrahlung ist die Wolkenvorhersage dabei ein Schlüssel zur Verbesserung.

Solarstrahlungsvorhersagen für kurze Zeiträume von wenigen Stunden können wiederum aus Satellitendaten gewonnen werden, indem die zeitliche Entwicklung der die Strahlung wesentlich bestimmenden Wolkenstrukturen extrapoliert wird. Aus dem vorhergesagten Satellitenbild kann dann die Solarstrahlung berechnet werden.

Offshore-Windenergie

Die Windverhältnisse über dem Meer sind weit weniger bekannt als bei Standorten an Land mit entsprechend zahlreichen Messungen. Wechselwirkungen zwischen Wind und Wellen und die thermischen Eigenschaften des Wassers führen zu veränderten vertikalen Flüssen von Impuls und Wärme in der Atmosphäre und zu einem ebenfalls veränderten vertikalen Profil der Windgeschwindigkeit.

Eine präzise Bestimmung des Windenergieangebots für die Planung großer Offshore-Windparks sowie die sichere Vorhersage der Stromerzeugung für den Betrieb sind somit sichtlich erschwert. Veränderte Turbulenzeigenschaften des Windes über dem Meer erfordern zudem ein verändertes Anlagendesign, das die veränderte mechanische Belastung der Anlagen berücksichtigt. Extremereignisse bekommen für die Offshore-Nutzung eine besonders hohe Bedeutung, die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens – von großen Stürmen bis zu kleinskaligen Böen – ist eine der wesentlichen Auslegungsgrößen für die Anlagen.

Wesentliche Voraussetzung für eine gesicherte Beschreibung der Windverhältnisse sind hochwertige vertikal aufgelöste Messungen. Für die Deutsche Bucht steht seit 2005 mit FINO-1 eine Messplattform zur Verfügung, die diesen Ansprüchen genügt. Die in 2008 beginnende Errichtung des Offshore-Testfeldes Alpha Ventus nahe FINO-1 wird weitere wichtige Erkenntnisse liefern. Als Mitglied des wissenschaftlichen Teams zur Begleitforschung wird die Universität intensiv an der Beantwortung der noch offenen Fragen zur Offshore-Nutzung mitarbeiten.

Neue Ansätze, wie zum Beispiel das LIDAR-Messverfahren für eine differenziertere Erfassung des Windfeldes und die Large Eddy Simulation für eine hochaufgelöste Strömungsmodellierung zum Beispiel in Windparks, versprechen dabei deutliche Verbesserungen der Kenntnisse über die Windverhältnisse gerade in den wirtschaftlich wichtigen Offshore-Regionen.

Ausblick

Meteorologische Randbedingungen werden künftig die Energieversorgung weitaus stärker beeinflussen als bislang. Den Wert der aus den Energiequellen Solarstrahlung und Wind bereitgestellten Energie weiter zu erhöhen, ist das Ziel von Forschung und Entwicklung in der Energiemeteorologie. Nationale Zusammenschlüsse wie das von der Universität Oldenburg gemeinsam mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) gegründete virtuelle Institut für Energiemeteorologie (vIEM) sowie internationale Kooperationen in europäischen Projekten und in der Internationalen Energieagentur (IEA) bilden hierfür eine ausgezeichnete Basis.

Die AutorInnen



Dr. Detlev Heinemann (s. S.14) mit drei wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen der Abteilung Energie- und Halbleiterforschung (EHF) des Instituts für Physik: Dr. Annette Hammer (o.) promovierte 2000

nach dem Physikstudium in Oldenburg über die Möglichkeiten, Daten der europäischen Wettersatelliten für Anwendungen in der Solarenergie zu nutzen. Dr. Abha Sood (M.) beschäftigte sich nach der Promotion 1997 zunächst am Forschungszentrum GKSS (Geesthacht) und am Alfred-Wegener-Institut (Bremerhaven) mit den Schmelzvorgängen auf Grönlands Eisschild, bevor sie sich der Energiemeteorologie zuwandte. Dr. Elke Lorenz (u.) promovierte 2004 nach dem Physikstudium im Bereich Energiemeteorologie. Ihre Schwerpunkte: Solarleistungsvorhersage und Strahlungsberechnung auf Basis von Satellitendaten.

Grid-Technologien für die Energiemeteorologie

Von Wilhelm Hasselbring und Detlev Heinemann

Grid-Technologien sind Softwarelösungen, die es ermöglichen, diverse Hardware-Ressourcen (Rechenleistung, Speicherplatz, Sensoren etc.) unterschiedlichster und über mehrere Standorte verteilter Computer auf einheitliche Weise zu nutzen. Für die Energiemeteorologie werden diese Technologien eingesetzt, um technische Herausforderungen wie den Zugriff auf verteilte Datenbestände, den Austausch großer heterogener Datenmengen und insbesondere die Laufzeitoptimierung numerischer meteorologischer Simulationen zu ermöglichen.

Energieerzeugung stützt sich zunehmend auf Erneuerbare

Energieressourcen, deren Verfügbarkeit sowohl räumlich als auch zeitlich hochgradig veränderlich ist. Dennoch sollen Solar- und Windkraftwerke auf verlässlicher Grundlage geplant und bestehende Anlagen effizient betrieben werden. Ebenso soll der Energieversorgung eine möglichst hochwertige Erzeugungskapazität aus erneuerbaren Quellen zur Verfügung gestellt werden. Dies alles verlangt nach detaillierter Information über das verfügbare Angebot für die Energieerzeugung. Sehr große Datenbestände, aufwändige Berechnungen mit physikalischen Modellen – ähnlich den Modellen zur Wettervorhersage – und Simulationen des Verhaltens der Solar- und Wind-Kraftwerke als Reaktion auf das errechnete Angebot sind direkte Folgen dieses Bedarfs. Energiemeteorologie (siehe vorangehenden Beitrag) ist also nicht nur ein interdisziplinäres Forschungsgebiet, sondern auch außerordentlich rechenintensiv – somit ein ideales Betätigungsfeld für gemeinsame Forschung von Informatikern, Ingenieuren und Naturwissenschaftlern.

Das im Rahmen der D-Grid-Initiative des Bundesforschungsministeriums geförderte Wissensnetz Energiemeteorologie, kurz WISENT, hat das Ziel, eine leistungsfähige IT-Infrastruktur für die noch junge „Community“ Energiemeteorologie aufzubauen. Grid-Technologien ermöglichen die Verwendung komplexer Simulationsmodelle sowie



Datenfluss von den Wettersatelliten zu den Hochleistungsrechnern des D-Grid, auf denen individuell angepasste Berechnungen wie Standortanalysen und Vorhersagen für die Betreiber von Solar- und Windkraftwerken durchgeführt werden.

die Verarbeitung großer Datenmengen. Sie erlauben so die Verbesserung von Vorhersagemethoden und weiterer Anwendungen, etwa zur Bestimmung optimaler Standorte für unterschiedliche Kraftwerkstypen. So können z.B. (archivierte) Daten zur Solarstrahlung in Kombination mit geographischen Informationen (z.B. Orografie) und techno-ökonomischen Informationen (z.B. über Infrastruktur oder Standortkosten) für die Standortbestimmung von Solaranlagen genutzt werden. Derartige Simulationen und Analysen basieren auf großen heterogenen Datenbeständen, die von unterschiedlichen Quellen wie Satelliten, Bodenstationen etc. stammen. Die großen Datenmengen und teils komplexen Berechnungen machen die Verarbeitung auf einem einzelnen Rechner inakzeptabel. Dazu kommt, dass künftige Satelliten-Generationen höhere Auflösungen liefern werden, wodurch das Datenvolumen weiter wächst. Grid-Technologien sind daher eine effiziente Lösung für die Verarbeitung derart großer Datenmengen und für die Durchführung komplexer Simulationen. Mit ihrer Hilfe sind das Wissensnetz und Community-Grid WISENT in der Lage, einen Beitrag für die Sicherung der künftigen Energieerzeugung mit Erneuerbaren Energien zu leisten.

Die an WISENT beteiligten Partner sind das

(DLR), die meteocontrol GmbH, OFFIS als Koordinator und das Institut für Physik der Universität Oldenburg.

① <http://wisent.d-grid.de>

Die Autoren



Prof. Dr. Wilhelm Hasselbring leitet die Abteilung Software Engineering am Department für Informatik. Er ist Sprecher des Graduiertenkollegs TrustSoft (Vertrauenswürdige Software-Systeme). Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Softwaretechnik für verteilte Systeme. Hasselbring leitet bei OFFIS insbesondere Verbundprojekte mit Partnern aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen für die softwaretechnische Realisierung von flexiblen, leistungsfähigen Softwarearchitekturen. Er ist im D-Grid-Projektbeirat an der strategischen Weiterentwicklung der D-Grid-Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) beteiligt. Bevor er 2000 an die Universität Oldenburg kam, war er an den Universitäten Tilburg (Niederlande), Dortmund, Essen und Braunschweig tätig.

Dr. Detlev Heinemann s. S. 14

HyWindBalance: Wasserstoff-Speichersysteme für neue Märkte

Von Hans-Peter Waldl und Detlev Heinemann

Windenergieanlagen und Windparks liefern selten konstante Leistung, vielmehr bestimmen die natürlichen Schwankungen des Windes ihre Produktion. Mit den stetig zunehmenden Anteilen von Windenergie an der Stromversorgung entstehen neue Anforderungen wie der Ausbau des Transportnetzes und der zunehmende Bedarf an Regelleistung zum kurzfristigen Ausgleich von Leistungsschwankungen. Der erwartete Bau von Offshore-Windparks vor allem in der Nordsee macht es um so dringlicher, das Stromversorgungssystem so weiterzuentwickeln, dass es den Anforderungen an eine effiziente Integration von hohen Anteilen an schwankenden erneuerbaren Energien genügt.

Das Projekt „HyWindBalance“ verfolgt das Ziel, Windenergie mittels Wasserstoff-Speichertechniken auf planbare Art in das Netz einzuspeisen und dadurch das schwankende Windangebot praktisch zu veredeln.

Dabei wird in windstarken Zeiten in einem Elektrolyseur Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Der erzeugte Wasserstoff wird unter Druck in Tanks eingelagert. In wind-schwachen Zeiten wird dieser gespeicherte Wasserstoff mit Hilfe einer Brennstoffzelle wieder in elektrischen Strom zurückgewandelt. Wasserstofftechnik hat dabei gegenüber anderen Speicherarten, wie beispielsweise Druckluftspeichern, den Vorteil, dass sie sich überall und sowohl im kleinen Maßstab wie auch großtechnisch einsetzen lässt.

Zur Erforschung der Wind-Wasserstoff-Technologie wurde 2005 „HyWindBalance“ gestartet, das vom Niedersächsischen Ministerium für Umwelt, der EU und der EWEAG gefördert wird. In diesem Forschungs- und Entwicklungsprojekt hat sich ein Konsortium von lokalen Unternehmen aus verschiedenen Branchen und der Universität Oldenburg zusammengefunden, um ein kombiniertes Wind-Wasserstoff-System zu entwickeln, zu analysieren und zu erproben.

Neben Datenverbindungen zu Windparks und zur Strombörse besteht das Forschungssystem aus einem Elektrolyseur, einem Wasserstoffspeicher und einer Brennstoffzelle. Auf Basis einer intelligenten Betriebsführung wird der Einsatz der Komponenten je nach erwarteter Windenergieeinspeisung und dem Verlauf des Preisniveaus an den Strombörsen gesteuert. So kann beispielsweise bei

niedrigen Spotmarktpreisen Windenergie gespeichert und dann zu Zeiten mit hoher Nachfrage am Spotmarkt verkauft werden. Das Hauptziel des Projekts ist es, das Wind-Wasserstoff-System als virtuelles Kraftwerk zu entwickeln, das die folgenden Optionen für den Betrieb bereithält:

- Vorausgeplante optimierte Erzeugung durch Zwischenspeicherung für den Verkauf an der Strombörse (Day-Ahead-Spot-Markt);
- Bereitstellung von Regelleistung (sogenannte Minutenreserve im Zeitbereich von einigen Minuten bis zu wenigen Stunden);
- Optimierung in Märkten wie Spanien, in denen eine Abweichung zwischen prognostizierter und tatsächlicher Windleistung zu wirtschaftlichen Nachteilen führt.

Forschung und Anwendung

HyWindBalance ist ein Projekt, das zwischen Forschung und der energie-wirtschaftlichen Anwendung angesiedelt ist. Am Ende des Projekts wird ein Konzept für das beschriebene Wind-Wasserstoffsystem in Hinblick auf Komponenten und deren optimale Auslegung vorliegen. Ein integrativer Teil hiervon sind optimierende Betriebsstrategien unter verschiedenen meteorologischen, technischen und ökonomischen Bedingungen auf Grundlage einer Vorhersage der zu erwartenden Windleistung und der elektrischen Last. Ein wichtiger Bestandteil der Arbeiten ist die tatsächliche Erprobung der Betriebsstrategien mit Hilfe des Forschungssystems, um die Realisierbarkeit der in einer Simulation entwickelten Algorithmen zu überprüfen.

Ergänzt werden diese Arbeiten durch eine detaillierte technische und ökonomische Untersuchung der Umsetzungsmöglichkeiten der entsprechenden Technologien im großen Maßstab. Dies umfasst sowohl die Untersuchung der Verfügbarkeit, der Preisentwicklung und der Lebensdauer von Komponenten als auch die Einbeziehung der nötigen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen wie beispielsweise eines finanziellen Bonus' für die planbare Einspeisung von Windenergie.

In der Betriebsführung des Systems werden das Speichermanagement und der Einsatz der einzelnen Komponenten in Abhängigkeit vom Windenergieangebot und dem

Preisverlauf an den Strombörsen optimiert. Als Anwendungsszenarien wurden dabei unter anderem der Verkauf von Leistung zu festgelegten Zeiten am Folgetag (Day-Ahead-Spotmarkt) und die Produktion von Regelleistung ausgewählt. Zu diesen Untersuchungen gehört auch eine Abschätzung der Auslegung der Größe der Systemkomponenten je nach Einsatzzweck.

Abgerundet werden die Forschungsarbeiten durch die Entwicklung eines Ausbildungsmoduls zu Speichertechniken, Brennstoffzellen, Wasserstofftechnik und durch die Einbeziehung des entwickelten Wind-Wasserstoff-Systems in die universitäre Ausbildung. Die Entwicklung, Untersuchung und Erprobung des Systems wird im März 2008 abgeschlossen sein. Die optimierende Systemsteuerung befindet sich zur Zeit im Probetrieb.

Das konzipierte System wird erst mittel- bis langfristig wirtschaftlich zu betreiben sein. Konzept und grundlegende Erkenntnisse lassen sich aber heute schon auf andere Anwendungen des Stromhandels und der Speicherung von Energie anwenden. Die Ergebnisse des Betriebs des Forschungssystems können darüber hinaus wichtige Hinweise auf den Entwicklungsbedarf der entsprechenden Komponenten, wie zum Beispiel der Brennstoffzellen, geben.

Die Autoren



Dr. Hans-Peter Waldl ist Lehrbeauftragter im Postgraduate Programme Renewable Energy sowie Mitglied der Studienleitung und des Lehrkörpers des Weiterbildenden Studiums Windenergie-technik und -management. Der Diplomphysiker studierte in Marburg und Oldenburg, wo er 1997 promovierte. Waldl ist geschäftsführender Gesellschafter der Overspeed GmbH & Co. KG und Projektleiter von HyWindBalance. Overspeed ist als unabhängiges Unternehmen in den Bereichen Windenergie-Consulting, IT-Systementwicklung, Offshore-Windenergie, Ausbildung, Energiewirtschaft und Management tätig.

Dr. Detlev Heinemann: s. S. 14

IT-Systeme für nachhaltiges Energiemanagement

Von Hans-Jürgen Appelrath und Christoph Mayer

Ein nachhaltiges, zunehmend dezentralisiertes Erzeugen und Transportieren von Strom bis hin zu autonomer werdenden Verbrauchern bedarf intelligenter und flexibler IT-Systeme. Solche Systeme müssen Erzeugung und Verbrauch verlässlich prognostizieren, entsprechende Ein- und Verkaufsaktivitäten kontrollieren und die dezentralisierte Steuerung und Regelung von Erzeugern und Verbrauchern bzw. deren Anlagen und Geräten reibungslos realisieren. Stichworte dazu sind: Energie-wirtschaftliche Rahmenbedingungen und ihre IT-Anforderungen, die IT-Integration von virtuellen Kraftwerken, Fragen der Normierung und Kommunikationsstandardisierung, die Bedeutung flexibler Software-Architekturen und qualitätsgesicherter Daten, veränderte Geschäftsprozesse und Wertschöpfung im Energiemarkt sowie Fragen der IT-Sicherheit.

Sustainable, increasingly decentralized generation and transportation of energy to ever more autonomous consumers demands more intelligent and flexible IT-systems. Such systems must predict generation and consumption reliably, control corresponding sales and purchase activities and smoothly facilitate the decentralized management and control of suppliers and consumers, and their facilities and equipment. Keywords are: economic energy constraints and their IT-requirements, the IT-integration of virtual power plants, questions of standards and standardizing communications, the importance of flexible software architectures and quality secured data, changed business processes and added value in the energy market, as well as questions of IT-security.



Die Energieversorgung der Zukunft, die sich im Spannungsfeld von Wirtschaftlichkeit und Ökologie befindet, ist auch und vor allem ein IT-Projekt.

Als wesentliche Komponenten der zukünftigen Energie- und Wärmeversorgung gelten regenerative Energiequellen und Anlagen zur effizienten, dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), also eine abgestimmte Erzeugung von elektrischer Energie und von Wärme bzw. Kälte. Bereits heute wird mit Erneuerbaren Energiequellen wie Wind- und Photovoltaikanlagen der Strom nicht mehr nur „top down“ wie bei konventionellen Großkraftwerken über die Hoch- (60 - 220 kV) und Mittelspannungsebene (6-60 kV) eingespeist, sondern auch „bottom up“ über die dazu früher unüblichen Niederspannungsebenen (230-400 Volt). Diese kleinen Stromeinspeiser in Wohn- bzw.

Bürogebäuden und in gewerblich genutzten Objekten sind bislang erst selten vorhanden, ihre Zahl wird künftig jedoch deutlich ansteigen, ebenso wie die Anzahl der KWK-Anlagen oder in fernerer Zukunft auch die der Brennstoffzellen.

Im Vergleich zu langfristig geplanten Großkraftwerken, auf die die IT-Systeme frühzeitig eingestellt werden konnten, wird das neu entstehende Energie-Erzeuger-Verbraucher-Gesamtsystem weitaus schwerer zu entwickeln sein. Die geringen Installationskosten und -zeiten für Kleinerzeuger und die wachsende „Unkalkulierbarkeit“ der Einspeisung durch dezentrale Systeme bringt ein viel dynamischeres Gesamtsystem

hervor. Wie lässt sich so eine immer komplexer werdende Energieversorgung mit ihren steigenden Anforderungen im Spannungsfeld von Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Ökologie koordinieren und auch langfristig steuern?

Energieversorgung als IT-Projekt

Die künftige Energieversorgung ist – ohne die Forschung und Entwicklung in anderen Technologiefeldern entlang der Energiekette von der Gewinnung/Erzeugung über Transport/Speicherung bis zu Verbrauch/Entsorgung abwerten zu wollen – zunächst und vor allem ein IT-Projekt. Dies betonen auch „unbefangene Nicht-Informatiker“ und stellen übereinstimmend fest: Ohne differenzierte Informations- und Kommunikationssysteme entlang der Wertschöpfungskette von Erzeugung, Versorgungsnetzen und Verbrauch sowie auf unterschiedlichen Aggregationsebenen eines zunehmend globalisierten Energiemarktes sind alle Bemühungen um Energieeinsparung, Energieeffizienz und Erneuerbare Energien weitgehend erfolglos.

In Oldenburg konzentrieren sich die entsprechenden Forschungsaktivitäten im Informatik-Institut OFFIS, und hier in dem von der EWE AG finanzierten Projekt „Dezentrale Energiemanagementsysteme“ (DEMS) sowie in dem vom Land Niedersachsen geförderten „Forschungsverbund Energie Niedersachsen“ (FEN).

Die notwendigen IuK-Technologien und die mit ihnen realisierten IT-Systeme haben dabei eine Reihe schwieriger Aufgaben zu lösen: Zunächst muss eine geeignete „IT-Infrastruktur“ geschaffen werden. Dazu sind softwaretechnische Plattformen und standardisierte Rahmenwerke zu entwickeln, die heterogene und in hohem Maße autonome und dynamische Systeme interoperabel machen und nach sich wandelnden Spielregeln koordinieren. Die Beteiligung an einer solchen IT-Infrastruktur muss ein „Plug-and-

Play“ erlauben, also ein problemloses und kostengünstiges oder sogar kostenloses „Anschließen und Loslegen“, da sich für kleine Erzeuger oder an Verbrauchsoptimierung interessierte Privathaushalte größere Investitionen oder IT-technische Verpflichtungen verbieten. Darauf aufbauend müssen Betriebsstrategien entwickelt werden, die es ermöglichen, verteilte heterogene Erzeuger zu prognostizieren sowie ihr Verhalten zu planen und zu steuern, z.B. über Fahrpläne oder variable Tarife. Als besondere Randbedingung muss die Stabilität des elektrischen Netzes gewährleistet werden. Dazu müssen bei jeder Planung von Verbrauch und Erzeugung Netzberechnungen durch das IT-System angestoßen werden, um die Verträglichkeit des „Fahrplans“ für das Gesamtnetz, aber auch für sinnvolle Ausschnitte zu prüfen.

Virtuelle Kraftwerke zur IT-Integration

Der Lösungsansatz, um die Fülle heterogener, weitgehend autonomer Akteure zu integrieren und all diese dezentralen Erzeuger- und Verbrauchereinheiten sicher und wirtschaftlich zu beherrschen, liegt in ihrer IT-technischen Kopplung und Regelung unter dem Begriff „Virtuelles Kraftwerk“ (VK). Eine wesentliche Hürde vom Übergang vieler einzelner Kleinsterzeuger und/oder -verbraucher zu einem gemeinsam wirkenden Cluster eines VKs ist – neben der Verfügbarkeit von

wirtschaftlich zu betreibenden kleineren Anlagen – die Gestaltung der Kommunikation zwischen den Stromeinspeiseknoten und dem Zentralknoten einer Leitstelle.

Die Lösung dieser Aufgaben erfordert ein vertieftes Verständnis des betrachteten Gesamtsystems von der Gebäude- und Anlagenebene bis hin zur – für den verlässlichen Betrieb zuständigen – Netzleittechnik, aber auch ein tiefes Verständnis für das Zusammenspiel technischer Systembausteine und kaufmännischer Softwarekomponenten innerhalb von Unternehmen, zunehmend jedoch auch unternehmensübergreifend. Zur Vertiefung des notwendigen Systemverständnisses tragen Simulationen von dezentralen Energieanlagen, Gebäuden und den zugehörigen Ausschnitten des Niederspannungsnetzes bei.

Bei den Untersuchungen zur dezentralen Koordination von VKs dienen zudem simulierte verteilte Energiesysteme als Verhaltensgrundlage für sogenannte „Agenten“. Agenten – als eigenständige, intelligente Softwaresysteme – scheinen geeignet, komplexe und dynamische Systeme nach unterschiedlichen Zielfunktionen zunehmend flexibel und optimiert zu betreiben.

Standards reduzieren Aufwand für Systemkopplungen

Eine „semantisch saubere“, d.h. inhaltlich unmissverständliche Kommunikation solch weit verteilter Systeme, ist insbesondere



Kompliziert und komplex: Blick in eine Schaltzentrale

re auch Gegenstand aktueller internationaler Normierungsbestrebungen. Besonders zwei Normfamilien sind für die Energiewirtschaft bedeutsam: Das Common Information Model (CIM) als Datenmodell für wichtige Objekte in Energieversorgungsunternehmen und IEC 61850 zur Kommunikation mit dezentralen Erzeugeranlagen.

CIM ist eine internationale, inzwischen weltweit anerkannte Norm der International Electrotechnical Commission (IEC). Bei der Implementierung von IT-Systemen in der Energiewirtschaft wird dieser Standard zunehmend gefordert und eingesetzt, in den USA ist er für den Datenaustausch zwischen den Akteuren des Energiemarktes sogar weitgehend vorgeschrieben. Im CIM werden wichtige technische Objekte wie Stationen, Felder, Schalter, Leitungen und Transformatoren einschließlich der Topologien der Stromnetze sowie der Informationen zu Kunden und Verträgen definiert. Da das CIM in der weit verbreiteten Beschreibungssprache UML (Unified Modeling Language) modelliert ist und nur eine grafische Darstellung bietet, werden textorientierte, linearisierte Formate benötigt, um Daten zwischen IT-Systemen auszutauschen. Durch die Verwendung von CIM ist zu erwarten, dass der Datenaustausch zwischen Akteuren im Energiesektor deutlich vereinfacht wird und IT-Systeme verschiedener Hersteller leichter miteinander verbunden und integriert werden können.

Die Standards für dezentrale Energieerzeuger bauen ihrerseits auf Standards auf, die die Kommunikation mit so genannten Sekundärgeräten aus der Netzleittechnik wie Sicherheitsschalter und Umspannwerke vereinheitlichen. In diesem Standard IEC 61850, der sich noch in der Entwicklung befindet, werden wesentliche Definitionen für Informationen, Dienste, Kommunikation und Konfiguration vorgegeben.

Trotz der Definition und Verbreitung von Normen bleiben noch viele Fragen offen, die sowohl für die Praxis als auch die Forschung relevant sind. Einzelne Normen haben inhaltliche Überlappungen, so dass Methoden gefunden werden müssen, um die teilweise redundanten Daten der verschiedenen Normen konsistent aufeinander abzubilden. Außerdem bieten die Formulierungen des Normenwerks in der Regel mehrere Möglichkeiten, um Datenaustauschformate zu definieren. Je nach Anforderung kann das zu einem hohen Datenaufkommen führen, das durch geeignete Maßnahmen – z.B. Übermittlung

nur von Änderungen in den Daten – zu begrenzen ist.

Flexible Architekturen und qualitätsgesicherte Daten

Zur Durchführung eines stabilen, sicheren und diskriminierungsfreien Energiemanagements müssen die Energieversorgungsunternehmen neue Erzeuger und Verbraucher mit ihren entsprechenden Schnittstellen nicht nur elektrisch in ihre Versorgungsnetze integrieren, sondern auch technisch in ihre IT-Landschaft einbinden. Benötigt werden daher wandlungsfähige und flexible Software-Architekturkonzepte, die sowohl offen für weitere Veränderungen sind als auch das Management einer Vielzahl von anfallenden Erzeuger- und Verbraucherdaten ermöglichen.

Das Konzept der „Service-orientierten Architektur“ (SOA) ist ein Ansatz zur Entwicklung flexibler, agiler und effektiver Systemarchitekturen. Fachliche Geschäftsfunktionen der Energiewirtschaft, wie eine Lastprognose, werden über standardisierte Formate als IT-Dienste (sogenannte Services) angeboten. Diese Dienste sollen dann von verschiedenen Akteuren des Energiemarktes relativ einfach an ihre jeweiligen IT-Systeme angeschlossen werden können. Die bedarfsorientierte Identifizierung und die konkrete Gestaltung dieser Dienste ist eine große Herausforderung, denn es müssen sowohl individuelle als auch allgemeine, akteursübergreifende Bedürfnisse berücksichtigt werden.

Um die Vielzahl der Erzeuger- und Verbraucherdaten zu managen, sind hierarchisch organisierte Architekturkonzepte sinnvoll. Hierbei werden auf jeder Hierarchieebene, wie zum Beispiel auf der Anlagen-, Teilnetz- oder Netzebene, die anfallenden Datenströme geeignet aggregiert und gefiltert. Bei den großen Informationsmengen – die im Energiemarkt verwaltet werden müssen, da sie für oft weitreichende Entscheidungen genutzt werden – ist insbesondere die Qualität der zugrundeliegenden Daten ein entscheidender Faktor. Durch die erhöhte Automatisierung der Prozesse wirken sich Mängel in der Datenqualität stärker aus, und die verteilte Datenverwaltung bei einer zunehmenden Zahl an Akteuren birgt tendenziell die Gefahr von mangelnder Verantwortung und Verlässlichkeit. Das rechtzeitige Auffinden und Beheben solcher Fehler in entscheidungsrelevanten Datenbanken verhindert daher größere Schäden und Reputationsverluste. Ein semiautomatischer Prozess

hierfür ist das „Data Quality Mining“. Dabei werden maschinelle Lernalgorithmen und statistische Auswertungsverfahren genutzt. Vereinfacht dargestellt abstrahiert man dazu von technischen Details und bringt diese auf eine für Menschen verständlichere Form der Datenbeschreibung, um Fehler leichter aufzufinden und systematisch zu beheben.

Wertschöpfung und Prozesse im Energiemarkt

Im Zuge der Liberalisierung des Energiemarktes ändern sich lang etablierte Wertschöpfungsketten und es entstehen neue Geschäftsprozesse zwischen bekannten und neuen Akteuren der Energiewirtschaft. Die im Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) geforderte Entflechtung („legal unbundling“) schreibt beispielsweise die Überführung des Netzbetriebs in eigenständige Unternehmen vor. Darüber hinaus sind neue Prozesse hinzugekommen wie das erweiterte Berichtswesen zum Strommarkt für die Bundesnetzagentur. Mit der Eröffnung der Strombörse „European Energy Exchange“ (EEX) im Jahr 2000 wurde ein Handelsplatz geschaffen, auf dem zusätzlich zum Terminmarkt inzwischen auch Spotgeschäfte und so genannter Intra-Day-Handel möglich sind. Hinzu kommen die Veränderungen der Energieerzeugerstruktur durch den bereits erwähnten zunehmenden Einsatz dezentraler Anlagen. Diese zahlreichen Änderungen haben zur Folge, dass viele der im Energiebereich eingesetzten IT-Systeme schnell „veralten“ und angepasst oder neu entwickelt werden müssen.

Daher ist die Erstellung eines Referenzmodells sinnvoll, welches für die Anpassung und Entwicklung von IT-Systemen für den Energiemarkt verwendet werden kann. Es bildet unter anderem Zusammenhänge und Prozesse ab und beschreibt diese. Nachfolgend ein Beispiel für die Entwicklung eines Referenzmodells anhand der Frage: Wie könnte ein zukünftiger Energiebeschaffungsprozess aussehen? Zunächst würde zusätzlich zu den heutigen Handlungsoptionen geprüft, inwieweit die Steuerung virtueller Kraftwerke und wie z.B. variable Tarife die „Last“ im Netzgebiet beeinflussen können und zu welchen Kosten dies führt. Diese würden mit Beschaffungskosten der Börse oder anderer Stromerzeuger verglichen. Dazu müsste für jede günstige Option berechnet werden, ob sie das elektrische Netz hinreichend stabil hält. Da Lastprognosen

in Zukunft aufgrund fluktuierender Einspeisung eher ungenauer werden, wird der Planungsprozess voraussichtlich mehrfach durchgeführt werden müssen, was ohne geeignete und effiziente IT-Unterstützung gar nicht möglich wäre. Ist ein weitreichendes und weitgehend stabiles Referenzmodell erstellt, könnten auch die Prozesse im Markt formalen Analysen z.B. in Bezug auf Vollständigkeit und Fairness unterzogen werden.

Sicherheit von IT-Systemen

Der zunehmende Einsatz von IT schafft generell, insbesondere aber in der Energiewirtschaft, neue Verletzlichkeiten: Die wachsende Komplexität des Gesamtsystems erhöht die Wahrscheinlichkeit von IT-Fehlern, der verstärkte Einsatz offener Kommunikationsprotokolle kann ein Einfallstor für bösartige Angriffe sein („Hacker“), die verteilte Verantwortlichkeit durch viele Akteure erschwert die Implementierung von Sicherheitsmechanismen. „Millionen Haushalte in Europa im Dunkeln“, „IT-Systeme mitverantwortlich für Stromausfall in Kanada“, „Stundenlanger Stromausfall in Italien“ – Blackouts in der Energieversorgung nehmen zu und werden weiter steigen. Die Verfügbarkeit von Energie und die Versorgungssicherheit der Kunden ist jedoch eine der zentralen Aufgaben der Energieversorgungsunternehmen. Bereits lokal auftretende Störungen bei der Energieversorgung führen – wie im November 2006 – zu europaweiten Ausfällen, die neben hohen wirtschaftlichen Schäden auch Menschenleben gefährden können. Die Liberalisierung der Energieversorgung öffnet

zudem die Energie-märkte für eine Vielzahl neuer Akteure. Die damit einhergehende Nutzung unternehmensübergreifend genutzter Ressourcen wie Daten, Managementprozesse oder ganzer Softwarekomponenten verlangt einen besonderen Schutz vor unerlaubtem Zugriff.

Um den steigenden Anforderungen gerecht werden zu können, sind Energieversorger und Netzbetreiber auf entsprechende Konzepte, Methoden und Werkzeuge angewiesen, die bereits während des Entwicklungsprozesses helfen, Sicherheits- und Verfügbarkeitsanforderungen in IT-Systemen zu berücksichtigen. Schwachstellen in den Geschäftsprozessen können beispielsweise frühzeitig mittels Verfügbarkeitsanalysen aufgedeckt und behoben werden. Der Fokus der Untersuchungen liegt dabei vor allem auf den Prozessen, die das Übertragungsnetz steuern und regeln. Relevante Faktoren für die Analysen sind zum Beispiel zeitliche Restriktionen und Fehlertoleranzen in und zwischen den Prozessen sowie Wechselwirkungen zwischen Prozessen und den von ihnen geregelten technischen Systemen. Dazu werden Analyseverfahren für sicherheitskritische Systeme weiter erforscht und für das dezentrale Energiemanagement angepasst.

Zur Gewährleistung des Zugriffsschutzes des liberalisierten Energiemarkts muss auch ein durchgängiges Konzept zum Sicherheitsmanagement entwickelt werden. Daher werden u. a. Ansätze aus dem Bereich des Identity-Managements wie Rollen- und Berechtigungskonzepte adaptiert und so für eine transparente Verfolgung der Zugriffsstrukturen in IT-Systemen von Energieversorgungsunternehmen angepasst.

Die Autoren



Prof. Dr. Dr. h. c. Hans-Jürgen Appelrath studierte Mathematik und Informatik an den Universitäten Bonn und Dortmund, wo er 1983 promovierte. Danach arbeitete er bis 1987 an der ETH Zürich, zuletzt als Assistenzprofessor.

1987 wurde er auf den Lehrstuhl „Praktische Informatik“ am Fachbereich Informatik der Universität Oldenburg berufen und ist trotz dreier Rufe hier geblieben. Seit 1991 ist er Mitglied des dreiköpfigen Vorstands des Informatik-Instituts OFFIS, davon 1992 bis 2005 als Vorsitzender. Er nimmt zahlreiche Funktionen im Wissenschaftsbereich und auch in der Wirtschaft wahr und ist Leiter der Berufsakademie Oldenburg. 2007 wurde ihm die Ehrendoktorwürde der TU Braunschweig verliehen.



Dr. Christoph Mayer studierte Mathematik und Physik an der Universität Göttingen und war von 1990 bis 1994 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen in den Feldern Statistische

und Graphentheoretische Verfahren zur Datenanalyse. Nach der Promotion in Mathematik (1995) an der Universität Bielefeld hatte er verschiedene Leitungsfunktionen in der Industrie. Seit 2003 ist er Leiter des Bereichs „Betriebliches Informationsmanagement“ im Informatik-Institut OFFIS und beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit dem Einsatz von IT-Technologien in der Energiewirtschaft. Er ist im Vorstand des RIS Kompetenzzentrums Zukünftige Energieversorgung e.V. und des Oldenburger Energieclusters (OLEC).

Informations- und Kommunikationstechnik zum effizienten Stromverbrauch

Von Wolfgang Nebel, Michael Sonnenschein und Jens-E. Appell

Neben Innovationen zu einer umweltgerechten Stromerzeugung sind im Sinne eines nachhaltigen Energieversorgungssystems weitgehende Maßnahmen auf Seiten des Verbrauchs notwendig. Auf der einen Seite müssen alle Möglichkeiten einer höheren Energieeffizienz und Verbrauchsreduktion genutzt werden, auf der anderen Seite sind aber auch Maßnahmen zur Steuerung von Verbrauchern in Abhängigkeit vom verfügbaren Stromangebot aus regenerativen Quellen notwendig. Informations- und Kommunikationstechnik ist hier der Schlüssel zu neuen Ansätzen – aber auch ein Ziel notwendiger Verbesserungen.

In addition to innovations for environment-friendly power generation, extensive measures on the part of electricity consumers are necessary to achieve a sustainable energy supply system. On the one hand every possibility for consumption reduction and higher energy efficiency must be used. But on the other hand measures are also necessary to control electricity consumption dependent on the amount of power available from renewable sources. Here, Information and Communication Technology (ICT) is the key to innovation - but also ICT itself is a target for necessary improvements.



Von der Energiequelle bis zum Haushaltsgerät: Die Determinanten des Stromverbrauchs, die für einen umweltgerechten Ressourcenverbrauch angepasst werden müssen.

Die Miniaturisierung der Chip-Technologie ermöglicht eine ständig steigende Leistungsfähigkeit elektronischer Systeme und somit neue Geräte und Dienste in der IuK-Branche, aber auch in der Konsumelektronik, dem Verkehrs- oder dem Gesundheitsbereich. Sie beschleunigt das Wachstum dieser Märkte und führt zu einer immer tieferen Durchdringung aller Lebensbereiche, indem sie zu jeder Zeit und an jedem Ort den Zugang zu allen persönlichen Daten und das Internet erlaubt. Diese Entwicklung führt einerseits zu substantiellen Energieeinsparungen durch Kraftstoffreduktion, die Vermeidung des physischen Transports von Personen und Waren, aber andererseits zu einem höheren Stromverbrauch in IuK-Systemen. Die Einsparung überwiegt bei weitem die zusätzliche Belastung, allerdings sind IuK-Systeme in ihrer Summe in der Bundesrepublik bereits jetzt für einen höheren CO₂-Ausstoß als die gesamte Luftfahrt verantwortlich – und dies bei deutlich höheren Steigerungsraten als in anderen Wirtschaftsbereichen.

Zu hoher Stromverbrauch

Der Stromverbrauch elektronischer Systeme wird durch die Berechnungen selbst und durch ungewünschte Leckströme

bestimmt. Diese haben bei aktuellen Strukturgrößen im Nanometer-Bereich aufgrund quantenmechanischer Effekte drastisch zugenommen. Zum Beispiel sind die Isolationschichten im Transistor derzeit nur noch wenige Atomlagen dick. Ein durch zu hohen Stromverbrauch bedingtes Re-Design macht schon heute viele Produkte für den Markt unattraktiv. Die Optimierung des Stromverbrauchs ist deshalb beim Entwurf elektronischer Systeme ein wesentliches Qualitätskriterium.

Der Stromverbrauch ist bereits heute der begrenzendende Faktor zur weiteren Erhöhung der Leistungsfähigkeit integrierter Schaltungen. Dies lässt sich besonders an der Entwicklung der Leistungsdichte auf Halbleitern veranschaulichen (Diagramm S. 29). Heute übersteigt die Leistungsdichte integrierter Schaltungen die von glühenden Herdplatten deutlich. Ohne signifikante Verbesserung der Entwurfsverfahren würde die Leistungsdichte sehr bald die eines Kernreaktors oder gar einer Raketendüse erreichen.

Verbesserte Energieeffizienz

Ohne eine merkliche Erhöhung der Energieeffizienz integrierter Schaltungen wird es nicht möglich sein, die eigentlich

seitens der Halbleitertechnologie mögliche weitere Steigerung der Leistungsfähigkeit integrierter Schaltungen zu nutzen. Die Hitzeentwicklung würde diese Schaltungen sofort zerstören. Eine Verringerung des Stromverbrauchs erfolgt am effizientesten durch eine Optimierung bereits im Entwurf der jeweiligen Schaltung. Die Lösung liegt in neuen Methoden und Werkzeugen für den automatisierten Entwurf (Electronic Design Automation), die es einem Chip-Designer ermöglichen, eine abstrakte Spezifikation des Systems in die gewünschte Hardware zu synthetisieren. Dabei können verschiedene mögliche Architekturen bereits weit vor der eigentlichen Fertigung hinsichtlich ihrer Verlustleistung analysiert und optimiert sowie automatisch technische Lösungen integriert werden, die z.B. zu einer Teilabschaltung zeitweise nicht benötigter Komponenten führen. Ein solches „Power Management“ lässt sich nicht nur im Chip verwirklichen, es ist in vergleichbarer Weise übertragbar auf PCs (wo Festplatten, Display oder Prozessoren abgeschaltet oder in einen sparsameren Modus versetzt werden können), aber auch auf Rechenzentren und Server-Farmen, in denen mittels neuer Migrationstechniken Anwendungen zwischen Servern verschoben werden können, um einzelne Rechner zeitweise abzuschalten. In zahlreichen Projekten wurden in 15-jähriger Forschungsarbeit an der Universität Oldenburg und dem OFFIS-Institut Metho-

den und Werkzeuge zur Modellierung des Energieverbrauchs, zu seiner Analyse und Simulation sowie zur Effizienzoptimierung entwickelt. Diese haben im Mikroelektronikbereich zu einer erfolgreichen Ausgründung, der ChipVision Design Systems AG, geführt, die seit 2002 entsprechende EDA-Werkzeuge für einen Entwurf mit niedrigster Verlustleistung anbietet. Eine weitere Ausgründung, die UPN – unplugged nomadics GmbH, entwickelt derzeit ein Verfahren zur Energieverbrauchsoptimierung von Computern.

Adaptive Stromverbraucher

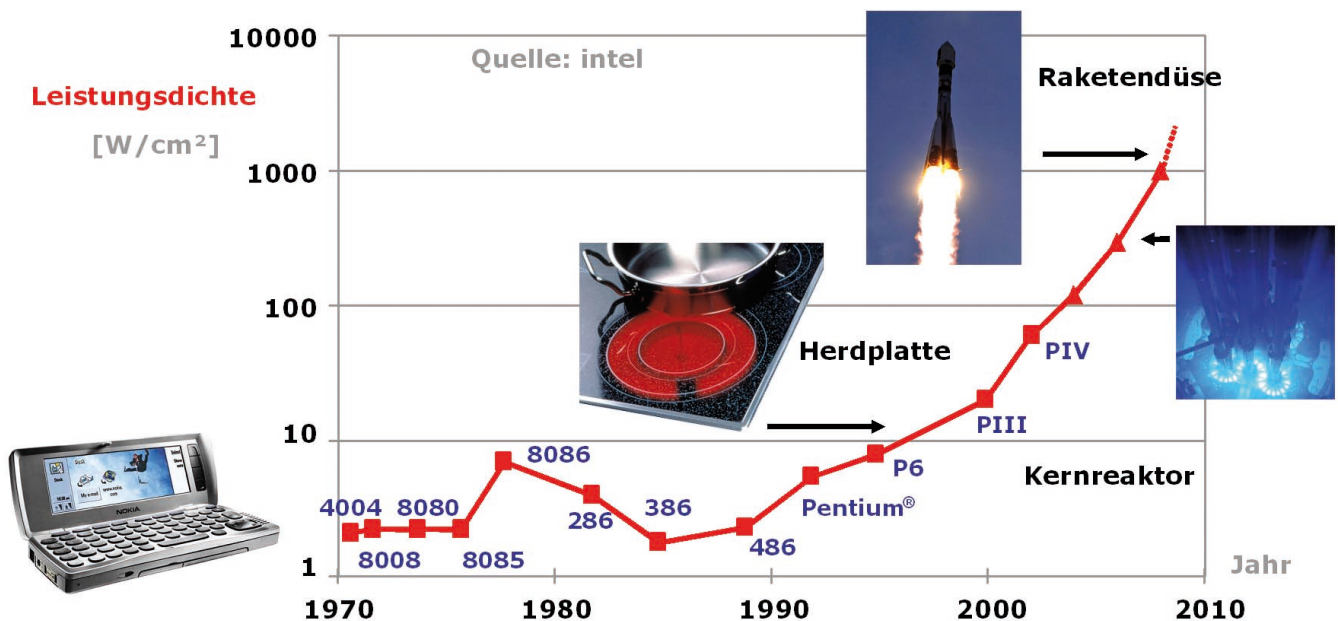
Strom ist eine Form von Energie, die in großen Mengen nur mit einigem technischen Aufwand und unter deutlichen Verlusten gespeichert werden kann. Daher muss in Stromversorgungssystemen stets sehr zeitnah die Balance zwischen Erzeugung und Verbrauch hergestellt werden. Heutzutage erfolgt dies für die meisten Verbraucher „unsichtbar“ durch eine mehrstufige Regelung auf Seiten der Stromerzeuger. Neben den vorhersehbaren Schwankungen im Stromverbrauch muss auch genügend Regelenergiepotenzial für unvorhergesehene Ereignisse, wie etwa den Ausfall von Leitungen oder Kraftwerken, eingeplant werden. Durch den steigenden Anteil an Windenergie im Netz wird der Bedarf an Regelenergie nun weiter erhöht, denn Strom aus Windenergiekonvertern steht nicht zu jedem Zeitpunkt in gleicher Menge zur Verfügung

– der Wind weht ja nicht stets mit gleicher Geschwindigkeit.

Anpassung des Verbrauchs

Um den Bestand an konventionellen Kraftwerken – beispielsweise Gasturbinen, die Regelenergie bei Bedarf zur Verfügung stellen – nicht unnötig zu erhöhen, ist es zur Emissionsminderung sowie zur Netzstabilisierung sinnvoll, auch auf Seiten des Verbrauchs eine zeitliche Anpassung an die aktuelle Energieverfügbarkeit und Belastung des Stromnetzes vorzunehmen. Hierzu gibt es verschiedene Möglichkeiten, die wir anhand stromverbrauchender Haushaltsgeräte erläutern wollen.

Die Gesamtleistung zum Betrieb der Kühlschränke aller Haushalte in Deutschland entspricht mit ca. 800 MW der Leistung eines Großkraftwerks. Ein üblicher Haushaltskühlschrank verbraucht, wenn das Kühlaggregat läuft, etwa 70 W. Diese Leistung ist aber nur zu etwa 25 Prozent der Zeit erforderlich, denn das Aggregat läuft nur dann an, wenn die zulässige Höchsttemperatur im Kühlschrank überschritten ist und schaltet wieder ab, sobald die Minimaltemperatur erreicht ist. Wenn nun die Kühlschränke bei Bedarf ihre Aggregate kurzzeitig abschalten oder zuschalten, um dem Stromnetz Regelenergie zuzuführen, kann dies dazu beitragen, Kraftwerke zur Bereitstellung von Regelenergie einzusparen. Natürlich muss dabei berücksichtigt werden, dass die



Zunahme der Leistungsichte Integrierter Schaltungen (ICs) und damit einhergehende Wärmeentwicklung am Beispiel der Intel-Prozessoren

Innentemperatur des Kühlschranks nur innerhalb eines festen Intervalls – etwa 3-7°C – geregelt werden darf.

Zum „netzfrendlichen“ Schalten von Kühlschränken gibt es im Prinzip zwei Möglichkeiten: Einerseits können intelligente elektronische Controller in Kühlschränken autonom das Stromnetz beobachten und etwa anhand der Netzfrequenz selber feststellen, ob sie ihre Leistungsaufnahme kurzzeitig drosseln oder erhöhen sollen. Andererseits könnten sie aber auch durch einen Energieversorger bei Einhaltung der Randbedingung für die Innentemperatur über ein Kommunikationsnetz „ferngesteuert“ werden.

Neben anderen Temperaturspeichern, wie etwa Warmwasserspeichern, die ähnlich behandelt werden können, gibt es auch Haushaltsgeräte, die nicht direkt durch einen Energieversorger „ferngelenkt“ werden können, dennoch aber im Rahmen einer verbraucherseitigen Lastanpassung einsetzbar sind. So könnte beispielsweise der Lauf einer Spülmaschine oder Waschmaschine durchaus auch in eine Zeit verschoben werden, in der das Netz nicht so stark durch andere Verbraucher belastet ist oder in der besonders viel Strom aus regenerativen Quellen zur Verfügung steht. Um solche Lastverschiebungen zu erreichen, gibt es auch wieder mindestens zwei Varianten.

Zunächst besteht die Möglichkeit, zeitlich veränderliche Stromtarife einzuführen, die entweder in Abhängigkeit von der aktuellen Netzlast und vom aktuellen Stromangebot oder aufgrund einer Prognose dieser Werte festgelegt werden. Um den Verbrauchern die veränderlichen Tarifstufen mitzuteilen, ist beispielsweise ein Display im Haushalt erforderlich, das die aktuelle Tarifstufe und die zu erwartenden Tarifstufen für die nächsten Stunden oder Tage anzeigt. Anhand dieser Information kann der Verbraucher sein „Lastmanagement“ selber optimieren, wobei ihn ein Haushaltscontroller unterstützen kann. Interessant wird das natürlich für die meisten Verbraucher nur dann, wenn man durch die Nutzung niedriger Tarifstufen Geld sparen kann. Damit das möglich ist, muss eine Verbrauchsablesung „zeitnah“ durch einen elektronischen Zähler erfolgen. Eine „netzfrendliche“ Stromversorgung eines Einfamilienhauses weist dann neben diesem Zähler auch ein Schnittstellengerät (Gateway) zu einem vorhandenen Kommunikationsnetz auf, in dem Tarife oder Steuersignale übertragen werden.

luK zur Optimierung

Ein Haushaltsgateway, wie es prototypisch bereits bei OFFIS realisiert wurde, kann neben der Übertragung von Tarif- und Steuersignalen auch noch andere Aufgaben im Haus übernehmen. So können beispielsweise Sicherheitsfunktionen (z.B. Vermittlung von Alarmmeldungen) integriert werden. Dies wird besonders interessant für Haushalte, in denen ältere Menschen leben, die möglicherweise hilfebedürftig sind.

Während bei heutigen Geräten wie Waschmaschinen oder Spülmaschinen oft die Einschaltzeit fest vorab wählbar ist, könnte eine solche Vorwahlzeit etwa vom Gateway genutzt werden, um das Gerät den „preisgünstigsten“ Zeitraum innerhalb der vorgegebenen Zeitspanne für seine Aufgabe wählen zu lassen. Eine „optimale“ Nutzung günstig verfügbarer Stromangebote ist aber nur durch gemeinschaftliche Planung des Einsatzes vieler Geräte möglich. Solche Optimierungsaufgaben gehören in die Klasse der auch auf modernen Computern schwierig zu lösenden Probleme. Hierzu arbeiten wir an effizienten Methoden.

Bevor man an den Bau entsprechender Geräteprototypen denken kann, müssen die möglichen Wirkungen dieser recht komplexen Steuerungs- und Optimierungsverfahren durch Computermodelle abgeschätzt werden. Ein solches Simulationssystem wurde bei OFFIS entwickelt, wobei wesentliche Teile im Rahmen des durch die EWE AG finanzierten DEMS-Projektverbundes entstanden. Der Simulator erlaubt die Modellierung von Haushalten mit unterschiedlicher Geräteausrüstung, die durch verschiedene Steuerungsverfahren ihr Verhalten an die erforderliche Netzlast anpassen.

Selbstverständlich muss eine Steuerungstechnik für intelligente Stromverbraucher mit den Steuerungen eines DEMS für Mikro-KWK-Anlagen oder Brennstoffzellen „Hand in Hand“ arbeiten. Hierzu sind gemeinsame Datenübertragungsprotokolle und Standards zu entwickeln. Insgesamt wird somit ein „intelligentes“ Stromversorgungsnetz der Zukunft wesentlich stärker auf moderner Kommunikationstechnik und komplexen Steuerungen basieren als das bisherige Netz. Dieses „Mehr an Technik“ zahlt sich aber aus, da es dazu dient, knappe Ressourcen noch effizienter einzusetzen und umweltschädliche Emissionen zu verringern.

Die Autoren



Prof. Dr. Wolfgang Nebel studierte an der Universität Hannover Elektrotechnik. Anschließend promovierte er am Fachbereich Informatik der Universität Kaiserslautern zum Dr.-Ing. Von 1987 bis

1993 arbeitete er als Softwareentwickler, später als Projektleiter und schließlich als Leiter der CAD Software Entwicklung bei Philips Semiconductors in Hamburg. 1993 wurde er auf die Professur „Entwurf integrierter Schaltungen“ am Fachbereich Informatik der Universität Oldenburg berufen. 1996 bis 1998 war er Dekan des Fachbereichs Informatik und 2001 bis 2002 Vizepräsident für Forschung der Universität. Seit 1998 ist er Mitglied des dreiköpfigen Vorstands des Informatik-Instituts OFFIS, seit Juni 2005 ist er Vorsitzender des Vorstands.



Prof. Dr. Michael Sonnenschein ist seit 1991 Professor für Informatik in Oldenburg und seit 1992 Mitglied von OFFIS. Er studierte Informatik an der RWTH Aachen, promovierte dort 1984

im Bereich des Compilerbaus und habilitierte sich nach einer kürzeren Industrietätigkeit 1991 ebenfalls an der RWTH Aachen mit einer Arbeit über parallele Programmierung. Seine aktuellen Forschungsthemen sind diskrete Modellierung und Simulation sowie heuristische Optimierungsverfahren insbesondere im Anwendungsbereich der Ökologie und der Energiesysteme.



Dr. Jens-E. Appell studierte Physik in Göttingen und arbeitete von 1994 bis 2001 als Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Medizinische Physik an der Universität Oldenburg in den Feldern

Psychoakustik, Digitale Signalverarbeitung und audiologische Messverfahren, sowie am Hörzentrum Oldenburg. Nach seiner Promotion wechselte er zu OFFIS und übernahm dort 2002 die Leitung des Design-Center des Bereichs Eingebettete Hardware-/Software-Systeme. Seit 2003 leitet er diesen Bereich und befasst sich unter anderem mit dem Einsatz serviceorientierter Software-Architekturen für das Gebäudemanagement in den Anwendungsfeldern Home-Care und In-House Energiemanagement.

Grenzen der Wandlungswirkungsgrade polykristalliner Dünnschicht-Solarzellen

Von Levent Gütay und Gottfried Heinrich Bauer

Aus der von Materie emittierten Strahlung werden in wegweisenden Experimenten, die sich durch eine hohe örtliche und spektrale Auflösung auszeichnen, zentrale Kenngrößen und Charakteristika von Halbleitern ermittelt, die für die Quantensolarenergiewandlung in Solarzellen von zentraler Bedeutung sind. Die Ergebnisse werden auf Basis des verallgemeinerten Planckschen Gesetzes gewonnen und geben Aufschluss über die Qualität des photogenerierten Anregungszustandes und das chemische Potenzial, das letztendlich für den Ladungstransport in einer Solarzelle notwendig ist. Erst die Kenntnis dieser Eigenschaften eröffnet den Weg zum besseren Verständnis der auftretenden physikalischen Effekte in neuartigen, kleinskalig strukturierten Solarzellenmaterialien.

Using the radiation emitted from the material, fundamental parameters and characteristics of semiconductors are determined in pathbreaking experiments marked by high local and spectral resolution. These parameters and characteristics are of central importance for the quantum conversion of solar energy in solar cells. The results are obtained on the basis of the generalized Planck's Law and give information about the quality of the photoexcited state in terms of quasi-Fermi level splitting which is necessary for charge transport. It is knowledge about these properties that will finally open the way to a better understanding of the physical effects in the small-scale polycrystalline structures of new solar-cell materials.



Modernste Chalcopyrit-Dünnschicht-Technologie im Einsatz: 1 kW Testanlage in Berlin-Adlershof

Polykristalline Kupfer-Indium-Diselenid-Solarzellen ($\text{Cu}(\text{InGa})\text{Se}_2$) sind die derzeit aussichtsreichsten Dünnschicht-Solarzellen mit beeindruckenden Wirkungsgraden. Die an Labormustern gemessenen Werte kommen mit knapp 20 % nahe an die bisherigen Rekordzellen aus einkristallinem Silizium heran.

Die polykristalline Struktur mit wachstumsbedingten Korngrößen im Mikrometerbereich führt allerdings zu strukturellen Inhomogenitäten, wie beispielsweise der Orientierung der Kristalle, ihrer chemischen Zusammensetzung und der spezifischen Konzentration von Defekten und Verunreinigungen. Dies führt unweigerlich zu entsprechenden örtlichen Fluktuationen der optischen, elektronischen und optoelektronischen Eigenschaften des Materials und insofern auch der Qualität des Anregungszustands unter solarer Bestrahlung.

Da die „Mischung“ intensiver thermodynamischer Größen, die im Mikrometerbereich liegen, bei Kontaktabständen von Millimetern zusätzliche entropische Terme verursachen und so die freie Energie der Elektronen und Löcher reduzieren, wird die Ausbeute der Strahlungswandlung geringer als bei homogenen Absorbern. Dieser Verlust lässt sich am Beispiel zweier Wassereimer

veranschaulichen. Im ersten Falle enthält ein Eimer heißes und der andere kaltes Wasser. Im zweiten Falle wird das Wasser gemischt, sodass in beiden Eimern lauwarmes Wasser ist. Es liegt auf der Hand, dass das „Wassereimer-System“ im ersten Fall wesentlich mehr Anwendungsmöglichkeiten bietet als im zweiten. Eben eine solche „Abwertung“ vollzieht sich im Prinzip auch bei der „Mischung“ im Elektronen-Loch-Ensemble im inhomogenen Halbleiter.

Mit bislang einzigartigen spektroskopischen Analysemethoden der kalibrierten Photolumineszenz können wir die Qualität des Anregungszustands von Halbleitern ermitteln und durch diese optische Methode bereits vor der Fertigstellung und elektrischen Kontaktierung einer Solarzelle die maximal erreichbare Leerlaufspannung überprüfen. Die konfokale Mikroskopie erlaubt zudem durch ihre hohe Auflösung nahe der Beugungsbegrenzung die orts aufgelöste Detektion der Photolumineszenz im Mikrometer- bzw. Korngrößenbereich.

Theoretische Basis

Das theoretische Fundament der Deutung und Auswertung unserer Experimente liefert das verallgemeinerte Plancksche Strahlungsgesetz. Es beschreibt die von

Materie emittierte Photonenflussdichte $\Gamma(\omega)$ (spektrale Strahlung) als Funktion von Temperatur T , chemischem Potenzial der Strahlung μ_{phot} und den materieszpezifischen Größen Emissions-/Absorptionsvermögen $\varepsilon(\omega)$ - unter Bedingungen, die in relevanten anorganischen Halbleiter so gut wie immer erfüllt sind.

$$\Gamma(\omega) \propto \varepsilon(\omega) \frac{\omega^2}{\left\{ \exp\left[-\frac{\hbar\omega - \mu_{\text{phot}}}{kT}\right] - 1 \right\}}$$

Unter den oben genannten Bedingungen gleicht das chemische Potenzial, d.h. die „Arbeitsfähigkeit“ der emittierten Photonen, demjenigen des Elektron-Loch-Ensembles, das die maximal erreichbare Potenziendifferenz an den Kontakten angibt, also die Leerlaufspannung einer fertig gestellten Solarzelle.

Zur Auswertung der im Detektor gemessenen Lumineszenzphotonen (vgl. Abb. 2, Messaufbau) muss selbstverständlich die Propagation in und die Reflexion an den Grenzflächen der unterschiedlichen Schichten/Schichtfolgen eines solchen Bauelements - beispielsweise durch einen Matrix-Transfer-Formalismus - berücksichtigt werden.

Experimente

Abb. 2 zeigt schematisch die Anordnung zur ortsaufösenden optischen und spektroskopischen Analyse mittels konfokaler Anregung/Detektion. Die Abb. 3a, b und c zeigen zum einen (50µm)² repräsentative „Abtastungen“ (Scans) der topologischen Struktur der Oberfläche (aus atomic-force-microscopy, AFM) und zum anderen die zugehörigen gesamten lokalen Lumineszenzausbeuten von Schichten/Schichtfolgen Mo/Cu(In_{0,7}Ga_{0,3})Se₂/CdS, die denen von hocheffizienten Dünnschicht-Solarzellen entsprechen. Da die mittleren Größen der Körner

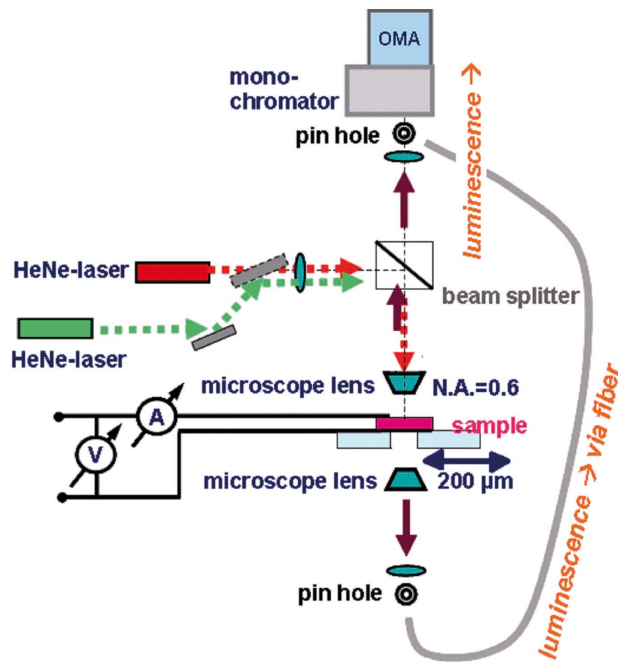


Abb. 2 (links): Messaufbau zur konfokalen Analyse von lateral fluktuierenden Absorbereigenschaften.

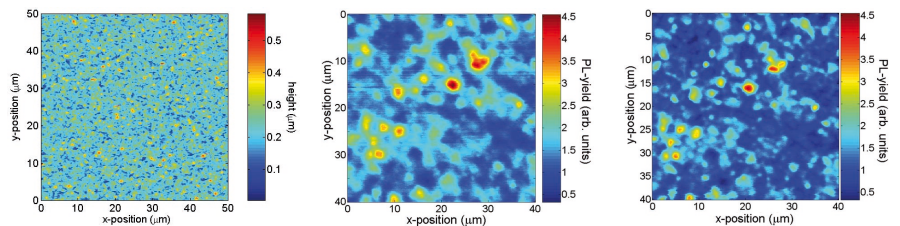


Abb. 3a, b, c (unten): Scans an Cu(In_{0,3}Ga_{0,3})Se₂-Absorbern ((50 µm)²) in einer Mo/CIGSe/CdS-Struktur; AFM-Höhenprofil (links), Lumineszenz bei Zimmertemperatur bei unterschiedlichen Anregungsstrahldichten $\Phi_0=3 \times 10^4$ Sonnenäquivalente Photonenflussdichte (Mitte), und entsprechend $10^{-2} \Phi_0$ (rechts).

ca. 1 µm betragen, geben bei Schichtdicken von 2 µm die mit AFM-Analysen erhaltenen Konturen ein hinreichendes Abbild der Körnerverteilung. Die in Abb. 3b und c dargestellten Lumineszenzausbeuten, die aus der lokalen Verteilung der photogenerierten Ladungsträgerdichten herrühren, zeigen erstaunlicherweise Merkmale in wesentlich größeren Skalenlängen als die Korndurchmesser, nämlich in Skalenlängen von einigen Mikrometern.

Aus den für jedes Pixel (Bildpunkt) obiger Scans erfassten Photolumineszenzspektren werten wir nach dem verallgemeinerten Planckschen Gesetz das chemische Potenzial des Elektron-Loch-Ensembles ($\varepsilon_{\text{Fn}} - \varepsilon_{\text{Fp}}$) und dessen lokale Variation $\Delta(\varepsilon_{\text{Fn}} - \varepsilon_{\text{Fp}})$ aus, und erhalten Ergebnisse für die maximale Leerlaufspannung und ihre „lokalen“ Fluktuationen. Abb. 4 zeigt die lokale Variation dieser Größe ($\varepsilon_{\text{Fn}} - \varepsilon_{\text{Fp}}$) als „theoretische Leerlaufspannung“, deren Häufigkeitsverteilung in Form eines

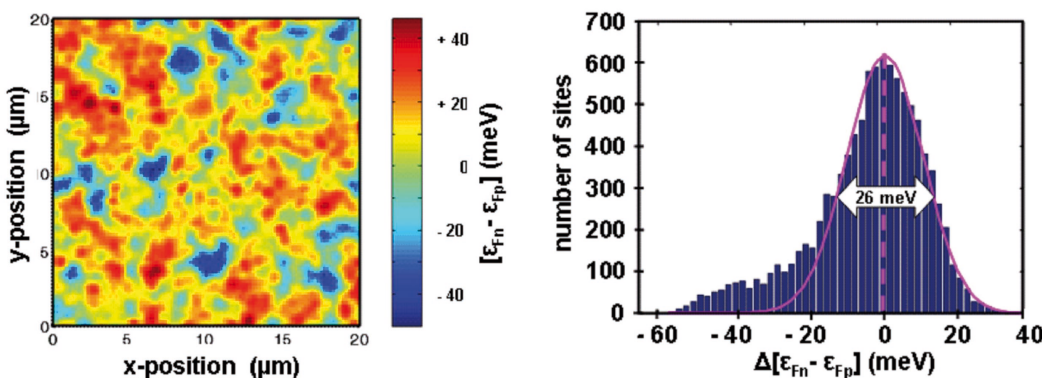


Abb. 4 und 5: Örtliche Fluktuationen der Quasi-Fermi-Niveau-Aufspaltung bei Zimmertemperatur in einem Cu(In_{0,7}Ga_{0,3})Se₂-Absorber (Anregungsstrahldichte: 3×10^4 Sonnenäquivalente); der absolute Mittelwert der Aufspaltung ($\varepsilon_{\text{Fn}} - \varepsilon_{\text{Fp}}$) beträgt etwa 910 meV. - Histogramm (r.) der Fluktuationen der quasi-Fermi-Niveau-Aufspaltung, gewonnen aus den Daten in Bild 4.

Histogramms in Abb. 5 wieder gegeben ist.

Aus analog durchgeführten konfokalen Experimenten ebenfalls mit hoher örtlicher Auflösung von $\leq 1\mu\text{m}$ können weitere Informationen zu strukturellen, optischen, und elektronischen Eigenschaften solcher polykristalliner Halbleiter gewonnen werden. Durch konfokale Raman-Rückstreuungen, fokussierte optische Transmission/Absorption und fokussierte Photoströme lassen sich die lateralen Fluktuationen der Kornorientierung und der chemischen Zusammensetzung der einzelnen Körner identifizieren und quantifizieren sowie Daten zur Absorption und den Defektdichten der Körner bzw. der lokalen Regimes und der daraus resultierenden Rekombinationslebensdauer von photoangeregten Ladungsträgern gewinnen. Zudem ist sogar ein experimenteller „Zugriff“ auf die elektronische Umgebung der Körner möglich, die in Form von elektrischen Leitwerten zu Nachbar-Regionen formuliert werden können. Alle diese lokalen Fluktuationen resultieren aus der granularen Struktur der polykristallinen Absorber und ihrem inhomogenen sowie anisotropen Wachstum, das es auf Grundlage dieser Erkenntnisse entsprechend zu kontrollieren und zu optimieren gilt.

Die Abbildungen (oben) zeigen einen Ausschnitt aus der Palette der experimentellen Möglichkeiten, die mit unseren ortsauflösenden Methoden möglich sind.

Eine weitere wesentliche Erkenntnis aus unseren neuartigen und bisher einzigartigen Experimenten zur Bestimmung von photovoltaisch relevanten Daten mit hoher Ortsauflösung besteht darin, dass für die konsistente widerspruchsfreie Interpretation experimenteller Befunde eine hinreichende lokale Auflösung gewährleistet sein muss. Dies gilt sowohl im Hinblick auf qualitative Erkenntnisse, was die Mechanismen für Quantensolarenergieumwandlung betrifft, als auch für quantitative Ergebnisse zu den bereits genannten Kenngrößen. Dies wird deutlich am Beispiel der Auswertung des chemischen Potenzials: Hier ist die Bildung eines Mittelwertes aus den lokalen Ergebnissen für die Aufspaltung der Quasi-Fermi-Niveaus (gewonnen aus ortsaufgelösten Messungen)

$$eV_{oc} \propto (\epsilon_{Fn} - \epsilon_{Fp}) \propto kT \sum_i \ln[Y_{pl}(x_i)]$$

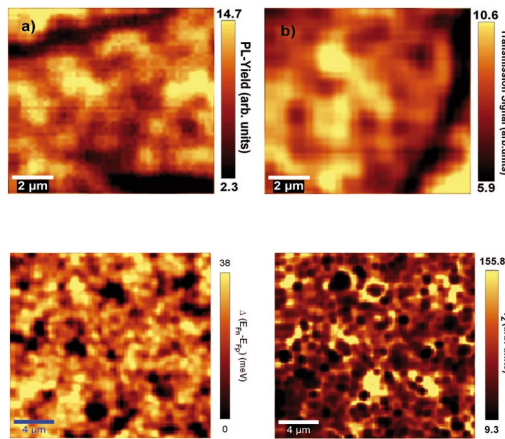


Abb. 6a, b: Ortsaufgelöste Scans der Photolumineszenz-Ausbeute (a) und optischer Weißlicht-Transmission (b) in einem $\text{Cu}(\text{In}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})\text{Se}_2$ -Absorber an identischen Positionen; Hinweis auf starke örtliche Variationen der elementaren Zusammensetzung der Schicht.

Abb. 7a, b: Ortsaufgelöste Quasi-Fermi-Niveau-Aufspaltung (a) und vertikale Extraktionsgeschwindigkeit v_z von Minoritätsladungsträgern (b) durch eine $\text{Mo}/\text{Cu}(\text{In}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})\text{Se}_2/\text{CdS}/\text{ZnO}$ Heterostruktur, gewonnen aus ortsaufgelösten Photolumineszenz- und simultan aufgenommenen fokussierten Photostrom-Scans (300K , 3×10^4 Sonnen-äquivalente Anregungsstrahldichte) am gleichen Ort.

nämlich mathematisch nicht identisch mit dem Mittelwert der fälschlicherweise summierten (nicht lokal aufgelöst, sondern konventionell gemessenen) Lumineszenzausbeuten $Y_{pl}(x_i)$:

$$eV_{oc} \propto (\epsilon_{Fn} - \epsilon_{Fp}) \propto kT \ln \left[\sum Y_{pl}(x_i) \right]$$

Um auf das Beispiel mit den Wassereimern zurückzukehren: Der Wissenschaftler, der beide Wassereimer getrennt behandelt (erste Gleichung), kann wahlweise einen heißen Tee, ein kühles Erfrischungsgetränk oder ein Mischgetränk anbieten, während sein Kollege, der das „Wassereimer-System“ nur gemittelt betrachtet (zweite Gleichung), lediglich ein lauwarmes Getränk anzubieten hat.

Resümee

Unsere kalibrierten Lumineszenzuntersuchungen von polykristallinen Absorbieren, die derzeit auf weitere Materialkombinationen wie sulfidische Chalkopyrite, auf Kadmiuntelluride und auch auf organische Absorber angewandt werden, erlauben eine gezielte Vorhersage der Eigenschaften von Strahlungswandlern vor der vollständigen Fertigstellung des Bauelements.

Die auch von uns entwickelte Methode der lateral aufgelösten Lumineszenz gestattet die Identifikation von lateralen Inhomogenitäten, deren Zuordnung zu örtlich fluktuierenden optischen Eigenschaften, zu lokalen Variationen der Zusammensetzung (Konzentration der chemischen Elemente) und zu örtlichen Fluktuation von Defektdichten. Diese Kenntnisse sind die Voraussetzung für die Verbesserung der Halbleitereigenschaften. Mit diesen Methoden haben wir zudem Zugang zur quantitativen

Formulierung der zwangsläufig negativen Auswirkungen lateraler Variationen auf die Wirkungsgrade der Quantensolarenergieumwandlung.

Die Autoren



Prof. Dr. Gottfried Heinrich Bauer, Hochschullehrer für Experimentalphysik, leitet die Arbeitsgruppe Halbleiterphysik/Quantensolarenergieumwandlung am Institut für Physik. Er wurde 1993 an die Universität Oldenburg berufen. Zuvor war er als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Physikalische Elektronik der Universität Stuttgart tätig, wo er auch promovierte. Bauers Forschungsschwerpunkt ist die Halbleiterphysik. Er gehört verschiedenen nationalen und internationalen Gremien an, u.a. dem wissenschaftlichen Beirat des Instituts für Solarenergieforschung in Hameln sowie dem Editorial Board des Journals „Progress in Photovoltaics, Sussex“ (Großbritannien).



Levent Gütay, Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Halbleiterphysik/Quantensolarenergieumwandlung, studierte Physik in Köln und Oldenburg. Derzeit promoviert er – mit einem Stipendium der Heinrich-Böll-Stiftung – zum Thema „Charakterisierung von Chalkopyrit-Absorbieren { $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$ } und Solarzellen mit hoher örtlicher Auflösung“. Auf der Tagung „E-MRS Spring Meeting 2006“ wurde er mit dem „Young Scientist Award“ der Europäischen Materialforschungsgesellschaft (E-MRS) ausgezeichnet.

Weltweites Netzwerk Erneuerbare Energie: Pionierrolle auch in der Lehre

Von Michael Golba

Das englischsprachige Oldenburger Postgraduate Programme Renewable Energy (PPRE) ist eines der wenigen Masterprogramme für Erneuerbare Energien weltweit. Wegen seiner engen Anbindung an die Energieforschung der Universität Oldenburg, seinem globalen fachlichen Netzwerk inklusive weltweiter Hochschulpartnerschaften und angesichts der international exzellenten Berufsaussichten für AbsolventInnen ist auch weiterhin mit einer steigenden Anzahl von qualifizierten Bewerbungen zu rechnen.

The Postgraduate Programme Renewable Energy (PPRE), conducted completely in English at Oldenburg University, is still one of the very few full-fledged Renewable Energy Master Programmes worldwide. Because of the close cooperation with the energy research groups at Oldenburg University, its worldwide university co-operations, including its global networking, and the internationally excellent career prospects for this field, a further increase in the number of applications can be expected.



Die PPRE-Studierenden des Wintersemesters 2007/08.

Die Erzeugung und Bereitstellung von Energie sowie die Organisation zentraler und dezentraler Energieversorgungssysteme ist heute vor allem aus drei Gründen ein internationales Schlüsselthema:

- Die Nachfrage nach Energie wird künftig in den sich rapide industrialisierenden Entwicklungsregionen – vor allem in China und Indien, aber auch in Brasilien – erheblich stärker wachsen als in den traditionellen Industrieländern.
- Die Versorgung von Menschen in Entwicklungs- und Schwellenländern, vor allem in Indien und Subsahara-Afrika, mit modernen Energieformen muss organisiert werden, wenn diese Menschen nicht systematisch von Kommunikation, Ausbildung und Gesundheitsversorgung ausgeschlossen bleiben sollen.
- Neben lokalen und regionalen Umweltbelastungen muss die globale, durch fossile Energieträger hervorgerufene Klimaänderung deutlich und möglichst schnell reduziert werden.

Auch wenn noch nicht entschieden ist, welcher Entwicklungspfad bzw. Energiemix sich national und international durchsetzen wird, steht doch fest, dass die Energieversorgungssysteme erheblich umgebaut werden müssen. Den Erneuerbaren Energien kommt dabei eine zentrale und spätestens mittelfristig entscheidende Rolle zu. Entsprechend schnell

ist inzwischen der Bedarf an hochqualifiziertem Personal sowohl im Forschungs- und Entwicklungs- als auch im Planungs- und Anwendungsbereich gewachsen.

Der Statusbericht „Ausbildung und Arbeit für Erneuerbare Energien“ aus dem Jahr 2007 stellt fest, dass auf dem Arbeitsmarkt mit einem zunehmenden Mangel an geeigneten Fachkräften zu rechnen ist. Auszubildende und Studierende werden sowohl in den technisch-naturwissenschaftlichen Fachrichtungen als auch in den Ausbildungs- und Studiengängen benötigt, die auf Erneuerbare Energien ausgerichtet sind. Diese Prognose gilt für die Bundesrepublik und für die industrialisierte Welt, im besonderen Maße aber auch für die Länder des Südens. Der Vermittlung von Kenntnissen und Kompetenzen in dem noch jungen Forschungsbereich der Erneuerbaren Energien kommt daher auch entwicklungspolitisch eine besondere Bedeutung zu.

Postgraduate Programme Renewable Energy

Das Oldenburger „Postgraduate Programme Renewable Energy“ (PPRE) ist angesiedelt an den Schnittstellen inter- und transdisziplinärer sowie internationaler Wissens- und Kompetenzvermittlung, gerade auch im Austausch mit Entwicklungs- und Schwellenländern: PPRE vermittelt Kennt-

nisse aus Forschung, Entwicklung und Lehre in diese Regionen, und gleichzeitig fließen Erfahrungen und Praxiswissen bei der Einführung erneuerbarer Energiesysteme zurück in das Ausbildungsprogramm. Dabei geht es einerseits um „Capacity Building“ durch Individualförderung und andererseits versteht sich PPRE als Akteur für „Institutional Development“, der über nationale und internationale Hochschulpartnerschaften enge Kooperationen herstellt und pflegt. Seit den 1980er Jahren spielen Erneuerbare Energien – ansonsten zu jener Zeit ein Nischenthema – an der Universität Oldenburg eine Pionierrolle, und zwar in der Forschung und in Gestalt des PPRE in der Lehre. Schon damals waren Prinzipien wie Modularisierung, Internationalisierung, Inter- und Transdisziplinarität, Master-Abschluss und ein strikter Praxisbezug fest im Studiengang verankert – Prinzipien, die erst ein Jahrzehnt später im Zuge des Bologna-Prozesses als Strukturelemente für alle Hochschulprogramme eingefordert wurden.

Entsprechend unkompliziert gestaltete sich nach einer 2004 vorgenommenen Restrukturierung des PPRE die Akkreditierung des englischsprachigen, nicht-konsekutiven dreisemestrigen Masterprogramms (MSc). Eine ähnliche Entwicklung zeichnet sich hinsichtlich der Förderung durch das DAAD-Programm „Aufbaustudiengänge mit entwicklungslandbezogener Thematik“ ab: Waren es bei PPRE-Gründung 1987 gerade sieben Programme, die mit Stipendien und Betreuungsmitteln vom DAAD unterstützt wurden, sind es inzwischen über 40 deutsche

Studienprogramme, die innerhalb der Association of German Postgraduate Studies eng zusammenarbeiten.

Struktur des Studiengangs

Das Studium umfasst sieben Module, ein zweimonatiges „External Practical Training“ bei Forschungseinrichtungen bzw. Firmen sowie eine sechsmontatige Masterarbeit mit Disputation. Die Regelstudienzeit beträgt drei Semester. Zugangsvoraussetzung ist ein in der Regel mindestens siebensemestriges Bachelor-Studium (BSc), vorzugsweise in Physics, Mechanical oder Electrical Engineering. Graduierten mit einem sechssemestrigen Bachelor-Abschluss wird ein Brückensemester angeboten, um Studienleistungen zu komplettieren. Voraussetzung für das Studium sind darüber hinaus sehr gute Englischkenntnisse und in der Regel eine mehrjährige energiebezogene Berufstätigkeit. Die Zahl der qualifizierten Bewerbungen steigt kontinuierlich; das Verhältnis von Studienplätzen zu Bewerbungen liegt inzwischen bei etwa 1:9.

Das „Postgraduate Programme Renewable Energy“ vermittelt vor allem physikalische und ökonomische Grundlagen sowie ingenieurwissenschaftliche Anwendungen. Die Studierenden erwerben fundierte Kenntnisse, um die Potenziale aller wesentlichen erneuerbaren Energietechniken für eine Region oder einen Standort zuverlässig ermitteln, die Vor- und Nachteile unterschiedlicher technischer Lösungen ökonomisch und sozial

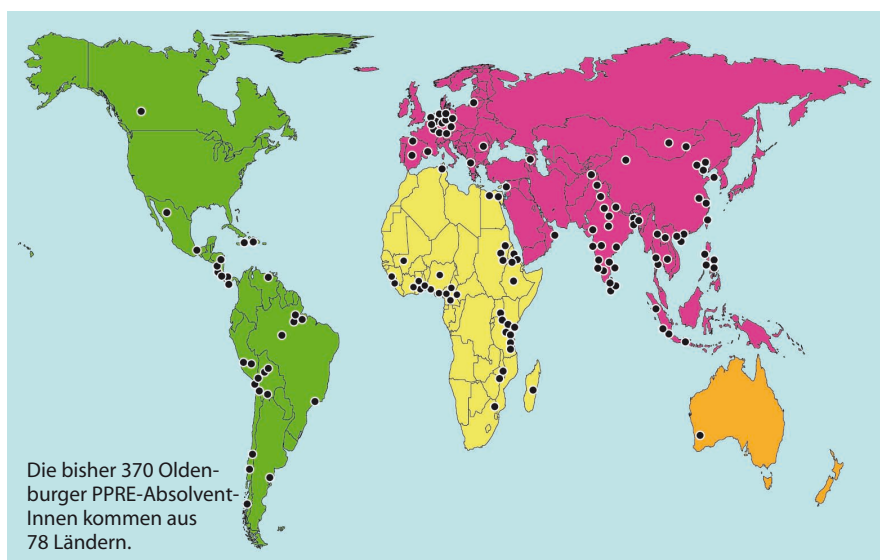
bewerten und konkrete Projektvorschläge (einschließlich einer optimierten Anlagenauslegung) entwickeln zu können. Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, einzeln oder im Team an der Realisierung erneuerbarer Energiesysteme zu arbeiten und die Integration dieser Versorgungssysteme in bestehende oder im Aufbau befindliche Energiestrukturen voranzutreiben. Im Studium spezialisieren sie sich in den Bereichen Solar- oder Windenergie, Wasserkraft, Biomassennutzung oder Energieökonomie/Energiesystemplanung.

Im Mittelpunkt des ersten Semesters steht die Einführung in Inhalte, Themen und Methoden im Bereich Erneuerbarer Energien. Großes Gewicht liegt dabei auf der Arbeit mit experimentellen Aufbauten (hands-on). Erst im Anschluss an diese theorieorientierte natur- und ingenieurwissenschaftliche Grundlagenausbildung mit ihrem erheblichen Praxisanteil in In- und Outdoor-Laboren entscheiden sich die Studierenden für ein anwendungsnahes bzw. planungsorientiertes Thema, oder sie spezialisieren sich in einem grundlagen- oder anwendungsorientierten Forschungsfeld. Die Forschungsorientierung des Studiengangs wird auch durch die sechsmontatige Masterarbeit unterstützt.

Seit 2004 werden Studiengebühren in Höhe von 1.000 € pro Semester erhoben. Studierende mit einem DAAD- oder ähnlich ausgestatteten Stipendium sind von diesen Gebühren befreit. Durch dieses duale Gebührenkonzept wird gewährleistet, dass auch Studierende insbesondere aus Subsahara-Afrika und Süd-asien am Programm teilnehmen können.

Verankerung in der Universität

Inhaltlich, institutionell und personell wird PPRE maßgeblich vom Oldenburger Institut für Physik getragen und ist Teil der Arbeitsgruppe Energie- und Halbleiterforschung (EHF). In Zusammenarbeit mit den Forschungsgruppen Energiemeteorologie, Photovoltaik und Windenergie/Turbulenz hat sich in den vergangenen 20 Jahren ein spezifisches Oldenburger Forschungsprofil bei den Erneuerbaren Energien mit entsprechenden Ausbildungsschwerpunkten herausgebildet. Der Masterstudiengang ist international ausgerichtet, mit deutlicher Schwerpunktsetzung auf Entwicklungs- und Schwellenländer. Obwohl es sich um einen rein englischsprachigen Studiengang handelt, haben die Studierenden die Möglichkeit, vor Studienbeginn einen Deutsch-Intensivkurs zu belegen sowie beglei-



Die bisher 370 Oldenburger PPRE-AbsolventInnen kommen aus 78 Ländern.



Arbeit im
PPRE-Outdoor-
Laboratorium.

tende Kurse zum Erwerb der deutschen Sprache und kulturelle Programme zu besuchen. Das Sprachprogramm wird vom Lehrgebiet Deutsch als Fremdsprache an der Universität gestaltet und von ausgebildeten und erfahrenen Lehrkräften durchgeführt.

Beteiligung am EUREC-Masterprogramm

Das Oldenburger PPRE ist als Core Provider an dem Renewable Energy Masterprogramm der EUREC (European Renewable Energy Centres) beteiligt. Dieser ebenfalls international ausgerichtete Masterstudiengang wird von der EUREC organisiert und gemeinsam von acht europäischen Hochschulen in fünf europäischen Ländern ausgerichtet. Das dreisemestrige Studium beginnt jährlich im Wintersemester und umfasst drei Phasen: Die Grundlagen der Erneuerbaren Energie (Sonne, Wind, Wasser und Biomasse) werden – fachlich und organisatorisch abgestimmt – im Wintersemester gleichzeitig an Hochschulen in Großbritannien (Loughborough), Frankreich (Ecole de Mines), Spanien (Saragossa) und Deutschland (Oldenburg) angeboten.

Nach einem obligatorischen Studienortwechsel schließt sich im Sommersemester eine Spezialisierung in den Bereichen Photovoltaics, Wind Energy, Solar Energy in the Built Environment, Hybrid Systems und Bioenergy in Großbritannien, Griechenland, Kassel bzw. Spanien an. Die abschließende Masterarbeit wird als Projekt gemeinsam mit Firmen durchgeführt und von zwei Hochschulen betreut.

Die EUREC-Studierenden kommen vor allem aus dem europäischen Ausland und studieren im Wintersemester gemeinsam mit den PPRE-Studierenden. Im Unterschied zu den PPRE-Studierenden spezialisieren sie sich bereits nach dem 1. Semester.

Weltweites Netz der Ehemaligen

Um das Oldenburger Masterprogramm mit seinen PPRE- und EUREC-Ehemaligen ist ein beeindruckendes globales fachliches Netz entstanden. In ihm kommunizieren und organisieren sich Hochschulen, Forschungseinrichtungen, Unternehmen sowie Institutionen der internationalen Entwicklungszusammenarbeit aus allen Weltregionen aus dem Bereich der Erneuerbaren Energien. Den herausragenden Anteil an diesem lebendigen globalen Netz bilden die Ehemaligen selbst: Inzwischen haben 370 PPRE- und EUREC-Studierende aus 78 Ländern ihr Studium abgeschlossen.

Die beruflichen Aussichten der AbsolventInnen und Absolventen sind nicht nur in Deutschland ausgezeichnet. Der Markt wächst kontinuierlich weiter, deutsche Firmen werden in diesem Bereich auch zunehmend international aktiv. Graduierte des PPRE sind vornehmlich in Ingenieur- und Planungsbüros, in Forschungseinrichtungen, aber auch im Bereich der internationalen Entwicklungszusammenarbeit tätig. Einige Ehemalige haben sich zudem selbständig gemacht.

Als Folge der zahlreichen internationalen Kontakte und Beziehungen des Programms und des aktiven Alumni-Netzwerks hat sich

auch eine weltweite Praktika- und Jobbörse im Bereich „Renewable Energy“ entwickelt, von der neben den Studierenden auch mehr und mehr die AbsolventInnen des Programms profitieren.

Der Blick nach vorne

Die wichtigsten Ziele des Studiengangs lassen sich für die kommenden Jahre wie folgt skizzieren:

- Ausbau zu einem Cross-Border-Studiengang: Erhöhung der Mobilität von Studierenden und Lehrenden durch enge Kooperationen mit ausgewählten Partnerhochschulen in Europa und weltweit (Brasilien, Chile, Australien, Südafrika u.a.) sowie Harmonisierung der Studienprogramme mit wechselseitiger Anerkennung von Studienabschlüssen.
- Schaffung einer flexibleren Studienstruktur: Möglichkeit eines berufsbegleitenden Studiums durch Einbeziehung bereits entwickelter und erprobter asynchroner Distance Education Module.
- Komplettierung der Ausbildung im Bereich Erneuerbare Energie an der Universität: Etablierung eines interdisziplinären Promotionsprogramms „Erneuerbare Energie“ durch die Energie- und Umweltforschungsgruppen, das neben physikalisch-technischen auch die ökonomischen, politischen und sozialen Dimensionen umfasst.

① www.ppre.uni-oldenburg.de/

Der Autor



Dipl.-Physiker Michael Golba (MA) leitet als Geschäftsführer seit 2003 das Postgraduate Programme Renewable Energy (PPRE) an der Universität Oldenburg. Neben der Curriculumentwicklung und konzeptionellen

Ausrichtung ist er vor allem verantwortlich für die internationale Zusammenarbeit des Programms mit Partnerhochschulen und -programmen. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich „Energie und Gesellschaft“; darüber hinaus arbeitet er zur postgradualen Karriereentwicklung. Golba absolvierte zunächst ein Magisterstudium in den Fächern Politik, Geschichte und Germanistik an der FU Berlin, bevor er an der Universität Oldenburg Physik studierte und in dem Masterstudiengang Renewable Energy tätig wurde.

GEKKO: Gebäude, Klimaschutz und Kommunikation

Von Niko Paech

Eine Erschließung der hohen CO₂-Einsparpotenziale in Gebäuden trägt zum Klimaschutz und zur finanziellen Entlastung von Haushalten bei. Dennoch scheitert die Umsetzung oft an mangelndem Interesse und Informationsdefiziten. Im Rahmen der Diffusionsforschung sollen Kommunikationsstrategien entwickelt werden, um das Vermittlungsproblem zu lösen.



30 Prozent höherer Energieverbrauch: Oldenburg und sein hoher Anteil an Einfamilienhäusern.

Opening up the high potentials of carbon dioxide savings in buildings not only protects the climate but contributes to financial discharge of households. The conversion often fails nevertheless at interest and knowledge. To remove existing information and motivation deficits communication strategies are necessary which are orientated at diffusion research.

Kaum anderswo existieren derart hohe Energie- und CO₂-Einsparpotenziale wie im Wohnbereich. Deren Erschließung würde nicht nur zum Klimaschutz, sondern angesichts rasant steigender Energiepreise auch zur finanziellen Entlastung vieler Haushalte beitragen. Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Forschungsprojekt GEKKO beschäftigt sich mit den Gründen für die noch immer schwach ausgeprägte Umsetzung gebäudebezogener Klimaschutzmaßnahmen. Eine zentrale These des Projekts lautet: Es mangelt weniger an praktikablen und rentablen Lösungen als an einer wirksamen Kommunikationsstrategie, mit der die Gebäudeeigentümer erreicht werden.

Bei der Entwicklung geeigneter Kommunikationsinstrumente bedient sich GEKKO der Konsum- und Kommunikationsforschung sowie der Informationsökonomik und in besonderem Maße der Diffusionsforschung. Letztere befasst sich mit der Verbreitung von

Innovationen – in diesem Fall Klimaschutzlösungen für Wohngebäude – innerhalb sozialer Systeme. Die Übernahmeentscheidung potenzieller Anwender, so genannter „Adopter“, wird von funktionalen, symbolischen und emotionalen Motivkategorien beeinflusst. Dabei ist die soziale Interdependenz zwischen den Adoptern elementar. Manche Hausbesitzer machen ihre Entscheidung, in eine solarthermische Anlage zu investieren, davon abhängig, wie viele andere Hausbesitzer bereits eine derartige Maßnahme ergriffen haben. Dies kann zwei Gründe haben: Zum einen wird damit die Informationsunsicherheit gemildert, d.h. späte Adopter profitieren von den Erfahrungen früher Adopter. Zum anderen sind Konsum- und Investitionsgüter aufgrund ihrer Symbolik immer auch Kommunikationsinstrumente, mit denen sich deren Besitzer identifizieren und innerhalb des sozialen Systems darstellen. Ob jemand eine solarthermische Anlage als „cool“ oder „mega-out“ interpretiert, hängt davon ab, wie

die Kommunikation der betreffenden Lösung innerhalb des Diffusionssystems erfolgt und wahrgenommen wird.

Auf dieser Grundlage identifiziert GEKKO Diffusionshürden, um dann eine Kommunikationsstrategie für den kommunalen Klimaschutz zu entwickeln.

GEKKO erforscht die Interaktion der relevanten Akteure des Diffusionssystems, die Kommunikationskanäle sowie einzelne Kommunikationsinstrumente nicht nur theoretisch, sondern erprobt sie teilweise in der Praxis. Dies erfolgt in Oldenburg, einer strukturell dafür besonders geeigneten Kommune. Hier liegt der Wärmeenergieverbrauch in Wohngebäuden ca. 30 Prozent höher als der Bundesdurchschnitt. 38 Prozent der CO₂-Emissionen werden durch den Gebäudebestand verursacht.

Unter der Annahme, dass kommunaler Klimaschutz nur als konzertierte Aktion diverser Akteure erfolgreich sein kann, ist nicht allein die Kommunikation zwischen unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen, Gewerken, Dienstleistern und Beratern, sondern die Einbeziehung lokaler Medien, Bildungsträger, wissenschaftlicher Einrichtungen, Verbände, Initiativen und weiterer gesellschaftlicher Institutionen mit „Multiplikator“-Wirkung unabdingbar. Mindestens so wichtig erscheint die Integration der Endnutzer selbst, denn nur so können die erprobten Kommunikationsinstrumente adressatengerecht entwickelt werden. Wichtigster Praxispartner des Projektes ist das Kompetenzzentrum Bauen und Energie e.V. (KoBE), ein aus der Lokalen Agenda 21 hervorgegangenes Expertennetzwerk. Als Medienpartner konnten der Lokalsender oldenburg eins und die Nordwest-Zeitung gewonnen werden. Gemeinsam werden unterschiedliche Module der Sensibilisierung, Information und Beratung angewandt.

Medien, Kampagnen, Wettbewerbe

Sensibilisierung für Klimaschutz durch neue Formen der Mediennutzung: In Kooperation mit oldenburg eins wird das monatliche Verbrauchermagazin KoBE-TV zum nachhaltigen Bauen, Wohnen und Sanieren ausgestrahlt werden. Über ein Verbrauchertelefon können Zuschauer direkt Fragen an Experten richten, die als Studio-gäste mitwirken. Die Sendung dient zudem als Kommunikationskanal für Neuigkeiten und aktuelle Ankündigungen rund um das nachhaltigkeitsorientierte Bauen, Wohnen



Struktur des Forschungsprojekts GEKKO.

und Sanieren, insbesondere die sonstigen GEKKO-Aktivitäten.

Informationskampagne: KoBE und GEKKO bieten ein umfangreiches Programm an Informationsveranstaltungen und Workshops zum nachhaltigen Bauen, Sanieren und Wohnen. Die Veranstaltungen sind öffentlich, kostenlos und binden weitere Kooperationspartner ein. **Beratungskampagne:** Es werden 20 hochwertige und umfangreiche Vor-Ort-Energieeinsparberatungen ausgelobt. Die Vergabe erfolgt an Häuser, die repräsentativ für die energetische Situation des Oldenburger Gebäudebestandes sind. Die Beratungsergebnisse werden über die GEKKO-Homepage sowie KoBE-TV öffentlichkeitswirksam dargestellt, um die Besitzer ähnlicher Objekte zu inspirieren.

Klimaschutz-Wettbewerb: Getreu dem Motto „Oldenburg sucht die klimafreundlichsten Gebäude“ werden in den drei Rubriken Neubau, energetische Sanierung und Betriebsgebäude besondere Beispiele prämiert und medienwirksam dargestellt. Die Preisverleihung soll im Rahmen der nächsten NordHAUS-Messe in Oldenburg durchgeführt werden.

Leitfaden für kommunalen Klimaschutz im Gebäudebereich: Gemeinsam mit Experten und Praktikern werden Kriterien für klimaschonendes Bauen und Sanieren entwickelt. Moderierte Workshops sowie die Einrichtung themenspezifischer Arbeitsgruppen sollen der Gewerke übergreifenden

Vernetzung und dem Erfahrungsaustausch dienen.

Die „gläserne Baustelle“: Anhand einer energetischen Gebäudesanierung sollen die dabei relevanten Umsetzungsaspekte veranschaulicht und medienwirksam inszeniert werden. Im Rahmen öffentlicher Begehungen der Baustelle erläutern Experten die einzelnen Schritte. Ein Kamerateam wird die Sanierung für die Berichterstattung bei KoBE-TV aufbereiten. www.gekko-oldenburg.de.

Der Autor



Dr. Niko Paech, Privatdozent und Leiter der Forschungsprojekte GEKKO und VES-MWK am Institut für Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftspädagogik, studierte Volkswirtschaftslehre an der Universität Osnabrück, wo er auch Wissenschaftlicher Mitarbeiter war und 1993 promovierte. 1998 wechselte er als Agenda 21-Beauftragter der Stadt nach Oldenburg. Seit 2001 lehrt und forscht er an der Universität Oldenburg, wo er sich 2005 habilitierte. Seine Forschungsschwerpunkte: Nachhaltige Entwicklung, Umweltökonomik, Innovations- und Diffusionsforschung, Klimaschutz, Konsumforschung, Ökologische Ökonomie.

Erste produktive Ergebnisse in fünf Jahren

EWE AG-Vorstandsvorsitzender Dr. Werner Brinker über das EWE-Forschungszentrum für Energietechnologie

EINBLICKE: Herr Brinker, noch vor wenigen Jahren waren bei vielen Energiemanagern und -experten Erneuerbare Energien verpönt, weil zu teuer und zu ineffektiv. Heute sind sie angesichts des Klimawandels und des weltweit steigenden Energiebedarfs große Hoffnungsträger. Wie kommt es zu diesem schnellen Bewusstseinswandel?

BRINKER: Ich glaube nicht, dass wir es hier mit einem Bewusstseinswandel zu tun haben. Die Kritik vieler Unternehmensführer aus der deutschen Energiewirtschaft bezog sich auf die Konstruktion des damaligen Stromeinspeise- bzw. heutigen Erneuerbare Energien-Gesetzes. Dieses Gesetz belastete die Unternehmen unterschiedlich. Gleichgültig wie viel Wind- oder Solaranlagen in ihrem Bereich lagen, sie mussten den teureren Strom nehmen. Das neue Gesetz ermöglicht heute einen Ausgleich.

EINBLICKE: Deutschland ist mit der Förderung Erneuerbarer Energien – trotz aller Mängel – erfolgreicher als die anderen europäischen Subventionssysteme.

BRINKER: Auf die Anzahl der Anlagen bezogen und auf die Kapazität der Stromerzeugung ist das richtig. Man muss aber die Frage stellen: Warum ist ein solches System so erfolgreich? Und das liegt einfach daran, dass die Einspeisesätze so hoch waren, dass man eine sehr angenehme Kapitalverzinsung mit einer solchen Investition erreichen konnte.

EINBLICKE: Sie haben sich entschlossen, in die Erforschung Erneuerbarer Energien zu investieren. Mit Ihrem Engagement stehen Sie in Deutschland an der Spitze.

BRINKER: Ja, ich kenne kein vergleichbares Engagement von deutschen Energieversorgungsunternehmen. Wir beschäftigen uns seit über zehn Jahren sehr intensiv mit einer nachhaltigen Energieversorgung, insbesondere im Bereich der Stromproduktion und –verteilung. Wir sind als EWE kein Stromproduzent im klassischen Sinne. Wir betreiben keine Großkraftwerke. Wir können deshalb nur auf das aufsetzen, was wir können: das ist die Verteilung, die dezentrale Stromproduktion in kleineren Einheiten und das Zusammenspiel zwischen Verbrauchseinrichtungen, Zähler- und Messwesen, Verteilnetzen und dezentraler Stromproduktion. In dieser Kombination gibt es in Deutschland praktisch kaum Forschung.

EINBLICKE: Welche Schwerpunkte wird es in dem neuen EWE-Forschungszentrum an der Universität geben?



BRINKER: Die Schwerpunkte werden durch die Lücken definiert. Das neue Zentrum wird im Bereich der Brennstoffzellentechnologie und der Photovoltaik forschen, da die Anlagen in der Stromproduktion immer noch zu teuer sind. Und wir werden die Stromspeicherung aufgreifen, die im Zusammenspiel zwischen dezentraler Stromproduktion, Verteilnetzen und Kunden ein wichtiger Punkt ist.

EINBLICKE: Welche Rolle haben Oldenburger Wissenschaftler bei den Vorüberlegungen für die Gründung des Zentrums gespielt?

BRINKER: Als Vorstand einer Aktiengesellschaft kann man Investitionen in Forschung und Entwicklung nur dann rechtfertigen, wenn man sich sicher ist, dass man die richtigen Köpfe vor Ort hat. Wir haben in den letzten Jahren hier sehr positive Erfahrungen mit Spitzenforschern an der Universität Oldenburg gesammelt. Um diese Köpfe herum gruppieren sich alle unsere Aufwendungen für die Forschung.

EINBLICKE: Gab es zu Oldenburg eine Standortalternative?

BRINKER: Sicherlich gäbe es Alternativen. Aber wir fühlen uns natürlich auch der Stadt Oldenburg verpflichtet. Sie ist unser größter Aktionär und die Wiege der EWE. Wenn man dann erkennt, dass sich die Universität Oldenburg – gerade in den letzten Jahren – deutlich gegenüber der Wirtschaft geöffnet hat, dann kann man auch guten Gewissens ein solches Forschungszentrum errichten.

EINBLICKE: Sie haben kürzlich schnelle Ergebnisse eingefordert. Was soll das Zentrum nach Ihren Vorstellungen in zehn Jahren erreicht haben?

BRINKER: Das hängt ganz davon ab, wie schnell wir exzellente Köpfe finden können.

Die Konstruktion als An-Institut gibt uns ja gewisse Freiheiten, so dass ich optimistisch bin, dass wir hochkarätige junge Wissenschaftler gewinnen können. Gleichzeitig haben wir mit Prof. Agert einen exzellenten Experten für die Spitze des Forschungszentrums gefunden, der über große Erfahrung verfügt. Ich gehe fest davon aus, dass nicht erst in zehn, sondern schon in fünf Jahren erste sehr produktive Ergebnisse vorliegen werden.

EINBLICKE: Die EWE AG investiert Millionen in die Forschung, obwohl sie, wie alle Energieanbieter, wegen der Preispolitik in der Kritik steht. Sie gehen einen nicht bequemen Weg...

BRINKER: Neue Wege zu gehen ist meist schwierig. Wenn wir sie aber nicht gingen, würden wir innerhalb weniger Jahre den Anschluss an die Weltspitze verlieren. Jedes Unternehmen ist verpflichtet – auch nach dem Aktiengesetz – für den Fortbestand der Gesellschaft zu arbeiten, und dazu gehören eben auch Forschung und Entwicklung.

EINBLICKE: Haben Sie eine Vision der Energieversorgung im Jahr 2050?

BRINKER: Da kann ich mich nur auf Studien berufen. Vieles deutet darauf hin, dass sich der Primär-Energieverbrauch weiter deutlich steigern wird, verbunden mit dem Wachstum der Bevölkerung um rund 30 Prozent. Wir werden also ein Primärenergiewachstum von 50 bis 60 Prozent bekommen. Das zeigt, wie groß die Herausforderungen sind – gerade auch für die Entwicklung von Technologien, die dem Klimaschutz dienen. Und wir müssen eins zur Kenntnis nehmen: Die dann etwa neun Milliarden Menschen wollen ernährt werden und wollen Energie haben. Tatsache aber ist, dass von den 6,7 Milliarden Menschen, die wir heute schon haben, zweieinhalb Milliarden über keinen Strom verfügen. Aber Strom ist die Schlüsseltechnologie für ein etwas komfortableres Leben.

EINBLICKE: Wie hoch wird der Anteil der Erneuerbaren Energien sein?

BRINKER: Man geht davon aus, dass rund 50 Prozent der dann benötigten Primärenergie aus erneuerbaren Energiequellen zur Verfügung gestellt werden können. Aber das geht natürlich nur, wenn wir heute die Forschung dafür massiv intensivieren.

Ein Kreis schließt sich



Am 1. Februar 2008 trat Prof. Dr. Carsten Agert in Oldenburg seine neue Stelle als Direktor des EWE-Forschungszentrums für Energietechnologie an. Er kommt aus Freiburg, wo er am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) mehrere Jahre lang engster Mitarbeiter von Prof. Dr. Joachim Luther war, dem Leiter des Instituts und großen Pionier auf dem Gebiet der Solarforschung. Damit hatte Luther Anfang der 80er Jahre in Oldenburg begonnen und war – obwohl von der Scientific Community zunächst belächelt – so erfolgreich, dass man ihn 1993 an das größte europäische Institut seiner Art nach Freiburg holte. Sein einstiger Schüler Agert kommt nun nach Oldenburg und will das von der EWEAG mit mehreren Millionen € finanzierte Institut in zehn Jahren in die Top Ten der internationalen Rangliste führen. Damit schließt sich ein Kreis.

Agert ist optimistisch, dass er dieses Ziel erreichen wird. Das neue Institut werde sich äußerst flexibel auf die technologischen Herausforderungen bei der Weiterentwicklung der Energieversorgungssysteme einstellen können. Obwohl erst 37 Jahre alt, bringt er viel Erfahrung nicht nur als Forscher, sondern auch als Manager mit. Als Luthers Assistent (2002 – 2005) war er mit der Geschäftsplanung des Fraunhofer-Instituts befasst, wurde Referent im Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderung und leitete u.a. den Aufbau des International Science Panel on Renewable Energy (ISPREE). 2005 übernahm er die Forschungsgruppe „Brennstoffzellensysteme“ im ISE.

In dem von ihm jetzt geführten Institut wird es auch eine Arbeitsgruppe geben, die im Bereich Brennstoffzellen forschen wird. Dünnschichtphotovoltaik sowie Stromspeicherung sind die anderen Forschungsfelder, in denen das Institut auch eng mit WissenschaftlerInnen der Universität zusammenarbeiten wird. In das neue Institutsgebäude auf dem Campus Wechloy werden die ersten MitarbeiterInnen im Frühjahr 2009 einziehen. Zehn Jahre später, da ist sich Agert sicher, werden mehr als 50 ihren Arbeitsplatz dort gefunden haben, mehr als die Hälfte davon wird sich aus Drittmitteln finanzieren.

International in den Top Ten

Prof. Dr. Jürgen Parisi zur Einrichtung des EWE-Zentrums

EINBLICKE: Herr Parisi, wie ordnen Sie den Erfolg für sich ein, dass in Oldenburg das EWE-Zentrum entsteht?

PARISI: Ich ordne den Erfolg nicht für mich ein, sondern in erster Linie als Erfolg meiner Mitarbeiter und Kollegen. Ich habe dafür die Rahmenbedingungen geschaffen, habe mich darum gekümmert, dass eine angemessene Infrastruktur und ausreichend

Drittmittel da waren und habe nicht zuletzt versucht, gute Mitarbeiter hierher zu holen.

EINBLICKE: Die Finanzierung des Zentrums ist bis 2016 vertraglich gesichert. Wo steht die Universität Oldenburg heute in der Forschung im Bereich Erneuerbare Energien?

PARISI: Wenn man den Bereich Erneuerbare Energien insgesamt sieht, ist das Freiburger Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme – wahrscheinlich europaweit oder gar weltweit – führend. Auf den Gebieten, auf denen wir am Institut für Physik der Universität Oldenburg arbeiten – gemeint sind damit anorganische und organische Dünnschicht-Photovoltaik, Windenergieumwandlung, Energiemeteorologie und Energiesystemtechnik – sehe ich uns national an der Spitze und international in den Top Ten.

EINBLICKE: Wo steht die Universität Oldenburg in zehn Jahren?

PARISI: Wenn es uns gelingt, weiterhin so gute Leute zu berufen wie in den vergangenen Jahren und das in den Naturwissenschaften omniprésente Nachwuchsproblem einigermaßen in den Griff zu bekommen, steht unsere Universität mit einem fachlich noch breiteren Themenspektrum der Energieforschung genau da, wo ich sie schon immer haben möchte, nämlich weit vorne – im permanenten Wettbewerb mit der harten, aber nicht unschlagbaren süddeutschen Konkurrenz.

EINBLICKE: Was wird das neue Zentrum zu den Veränderungen der nächsten Jahre im Energiebereich beitragen können?

PARISI: Die Dünnschicht-Photovoltaik, die wir vertreten, wird, so sagen es Studien voraus, künftig etwa 70 Prozent der Photovoltaik ausmachen. Wenn das so eintreten sollte,



wird es Dimensionen annehmen, die man sich kaum vorstellen kann. Heute geht man von einem verschwindend kleinen Energieanteil der Photovoltaik aus. Das EWE-Forschungszentrum wird hier einen ganz erheblichen Beitrag leisten und durchaus zu den drei besten Institutionen bundesweit bzw. den zehn besten weltweit gehören.

EINBLICKE: Manche in der Universität fürchten eine zu starke Anbindung an die Wirtschaft. Können Sie dem folgen?

PARISI: Nein, dem kann ich nicht folgen. In einigen Jahren wird der Anteil der staatlichen Förderung so niedrig sein, dass wir ohne Drittmittel aus der Wirtschaft überhaupt nichts mehr reißen können. Manche Universitätsinstitute – auch in Oldenburg – haben doch heute schon Drittmittelquoten von bis zu 80 Prozent. Wenn man das rechtlich gut regelt, dann sehe ich die Freiheit von Forschung und Lehre nicht gefährdet. Ich sehe eine gesellschaftliche Notwendigkeit zu kooperieren – nicht nur um langfristig als Forscher zu überleben, sondern auch um die Dinge, die wir tun, zügig in die Praxis umsetzen zu können. Wir binden uns natürlich nicht blind, in jedem Fall spielen gegenseitige Anerkennung und natürlich auch Vertrauen eine gewichtige Rolle.

EINBLICKE: Als Ihr Vorgänger Joachim Luther Ende der siebziger Jahre in Oldenburg die Forschung über erneuerbare Energiegewinnung – damals nannte man sie noch „alternativ“ – begründete, wurde er von der Scientific Community eher belächelt ...

PARISI: Wenn man etwas Neues beginnt, wird man immer erst belächelt. Da muss man Rückgrat haben. Joachim Luther hatte es und hat sich damals zunächst einmal um Energiesystemtechnik gekümmert. Das war genau der Schritt, der die Oldenburger Energieforschung ins Rampenlicht und später zu seiner ehrenvollen Berufung als Direktor des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme in Freiburg geführt hat, und da hat er Großes geleistet. Ich habe mit ihm immer hervorragend zusammengearbeitet.

Jubel über den Titel „Stadt der Wissenschaft 2009“



Der Jubel kannte keine Grenzen, als die Entscheidung der Jury des Stifterverbands für die Deutsche Wissenschaft am 28. Februar in Jena öffentlich wurde: „Oldenburg wird Stadt Wissenschaft 2009“. Besonders freuten sich (v.l.n.r.) Oberbürgermeister Prof. Dr. Gerd Schwandner, Universitätspräsident Prof. Dr. Uwe Schneidewind, EWE-Vorstandsvorsitzender Dr. Werner Brinker, Wissenschaftsreferent Dr. Rainer Lisowski und die Stellvertretende Pressesprecherin der Universität, Dr. Corinna Dahm-Brey. Sie hatten das Oldenburger Konzept mit dem Titel „Übermorgenstadt“

erfolgreich präsentiert und die Fragen der Jury beantwortet. Oldenburg setzte sich in der Endrunde gegen Konstanz und Lübeck durch. Vorher waren bereits u.a. Heidelberg und Rostock ausgeschieden. Die Siegerprämie von 250.000 €, die der Stifterverband für den Titel auswirft, ist im Vergleich zum Imagegewinn gering. Und sie wird auch nur zu einem Teil dazu beitragen, das geplante Programm realisieren zu können. Sponsoren haben schon jetzt über 300.000 € zugesagt, weitere 300.000 € wird die Stadt zur Verfügung stellen. www.oldenburg-stadt-der-wissenschaft.de

Neue Zeitrechnung für Meeresforschung

Ein Meilenstein für die Meeresforschung der Universität: Am 1. Januar wurde das Wilhelmshavener Forschungszentrum TERRAMARE ins Institut für Chemie und Biologie des Meeres (ICBM) integriert. Zudem werden zwei Max-Planck-Forschergruppen die Arbeit des Instituts befruchten, und auch der Etat wächst erheblich. Neben den 1,1 Millionen €, die das Land bisher für TERRAMARE aufwendet, erhält das ICBM im Rahmen der Klimapolitik des Landes eine Aufstockung seines Haushalts um jährlich 3 Millionen €. Der Meeresforschungsstandort Wilhelmshaven wird nach der Integration von TERRAMARE mit seinen gut 20 MitarbeiterInnen erhalten bleiben – und sogar ausgebaut. Die neuen Max-Planck-Forschergruppen werden sich der organischen und anorganischen Biogeochemie und Analytik widmen. Sie sind dem Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie in Bremen zugeordnet und werden eng mit dem ICBM zusammenarbeiten. Für die beiden selbständigen Nachwuchsgruppen werden je fünf Stellen geschaffen. Die jährlichen Kosten betragen 600.000 €, dazu kommen Erstausrüstungsmittel sowie Investitionen für Großgeräte in Höhe von insgesamt 2 Millionen €.

www.icbm.de/meeresstation/

Weiler neuer HWK-Rektor

Prof. Dr. Reto Weiler, Neurobiologe und Vizepräsident für Forschung an der Universität Oldenburg, wird neuer Rektor des Hanse-Wissenschaftskollegs Delmenhorst (HWK) und löst den Bremer Hirnforscher Prof. Dr. Dr. Gerhard Roth ab. Das HWK wurde 1995 gegründet und soll als „Institute for Advanced Study“ dazu beitragen, das Forschungspotenzial der Universitäten Bremen und Oldenburg zu stärken, indem es international ausgewiesene WissenschaftlerInnen als Fellows für eine begrenzte Zeit zu Forschungsaufenthalten einlädt. Dabei stehen die Sozial-, die Neuro- und die Meereswissenschaften im Zentrum der Arbeit. Weilers Wahl war einstimmig. Dafür war offensichtlich nicht nur seine hohe Reputation als Forscher verantwortlich, sondern auch seine herausragenden Leistungen als Wissenschaftsmanager. Er sorgte u.a. dafür, dass sich zwei Max-Planck-Forschergruppen und eine



Das Wilhelmshavener Forschungszentrum TERRAMARE: Seit Anfang 2008 gehört die Einrichtung zum ICBM der Universität.

Großes Programm zum 125. Geburtstag des großen Oldenburger Karl Jaspers

„Wahrheit ist, was uns verbindet. Karl Jaspers KUNST zu PHILOSOPHIEN“: Unter diesem Motto veranstaltet die Universität Oldenburg das „Jaspers-Jahr 2008“, ein großes Ausstellungs-, Vortrags- und Tagungsprogramm zum 125. Geburtstag des in Oldenburg geborenen und aufgewachsenen Philosophen, Mediziners und Psychologen.

Den Auftakt bildete eine Festveranstaltung am 23. Februar 2008, dem Geburtstag von Karl Jaspers, im Oldenburger Schloss. Dr. Hans Saner (Basel), letzter persönlicher Assistent Jaspers', sprach über Leben und Werk des großen Philosophen. Die Schauspieler Klaus Koennecke und Rainer



Ricklefs lasen aus seinem Briefwechsel mit den Eltern. Vorgestellt wurden bei der Festveranstaltung von Universität und Stadt auch bislang unveröffentlichte Dokumente aus dem Nachlass.

Das „Jaspers-Jahr“ bringt namhafte PhilosophInnen,

KünstlerInnen und WissenschaftlerInnen aus aller Welt zusammen, die sich bis Mitte Juli mit Jaspers auseinandersetzen. Das philosophisch-wissenschaftliche Programm gliedert sich in die Bereiche Philosophie, Politik und Medizin. Geboten werden acht Tagungen, eine Sommerschule sowie eine Fülle öffentlicher Abendvorträge und Lesungen. Den Rahmen bildet eine Kunstausstellung mit einer Installation von Ólafur

Elíasson und Peter Weibel am Hörsaalzentrum. Auch eine Reihe bedeutender KünstlerInnen aus Deutschland und der Region nehmen mit ihren Werken zu Jaspers und seinem Denken Stellung. Ergänzt werden die Kunstpräsentationen durch eine biographische Ausstellung mit Zeugnissen und Bilddokumenten des Philosophen.

Die wissenschaftliche Leitung des Jaspers-Jahrs liegt bei dem Oldenburger Hochschullehrer Prof. Dr. Reinhard Schulz, die künstlerische Leitung bei Dr. Monica Meyer-Bohlen. Das Jaspers-Jahr wird ermöglicht durch die Stiftung Niedersachsen und die EWE AG mit Unterstützung zahlreicher Sponsoren. Medienpartner ist die Nordwestzeitung.

📞 www.uni-oldenburg.de/jaspersjahr2008/

Fraunhofer-Projektgruppe in Oldenburg ansiedeln. Für dieses Engagement wird er von der Stadt Oldenburg auch mit dem Oldenburger Bullen ausgezeichnet, dem Wirtschaftspreis der Stadt. Oldenburg zu einem international beachteten und anerkannten Forschungsstandort zu entwickeln, sei sein Ziel, heißt es in der Würdigung.

Neues Hörzentrum kooperiert mit Fraunhofer

Ein gemeinsames „Zentrum für Hörforschung“ der Universität Oldenburg und der Medizinischen Hochschule Hannover fördert das Land Niedersachsen mit 3,75 Millionen €. Damit sollen die grundlagenorientierte, angewandte und klinische Hörforschung ausgebaut und die Hochschulen in die Lage versetzt werden, sich bei der nächsten Exzellenzinitiative erfolgreich zu bewerben. Die Planung sieht 2008 die Berufung von acht ProfessorInnen vor, deren Forschung auf das Thema Hören ausgerichtet ist. Bei der Eröffnung des Hörzentrums am 23. Januar wurde zudem bekannt, dass sich auch die Fraunhofer-Gesellschaft im Bereich der Hörforschung engagieren wird. Die größte Organisation in der angewandten Forschung sieht die Errichtung einer Projektgruppe für Hör-, Sprach- und Audiotechnologie vor, die organisatorisch zum Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie in Ilmenau

gehören wird. Für die Ansiedlung stellt das Land weitere 3,3 Millionen € zur Verfügung. Nach fünf Jahren soll sich entscheiden, ob die dann 18-köpfige Gruppe eine eigene Abteilung oder ein eigenes Institut bilden kann. Der Weltmarkt der Hörsysteme hat einen jährlichen Umsatz von 4,5 Milliarden € mit Wachstumsprognosen von 5 bis 8 Prozent. In 80 Prozent aller weltweit verkauften Hörgeräte steckt „ein Stück Oldenburg“.

📞 www.audiologie-niedersachsen.de/

DFG-Förderung für AVACS verlängert

Der Sonderforschungsbereich „Automatic Verification and Analysis of Complex Systems“ (AVACS) unter Leitung des Oldenburger Informatikers Prof. Dr. Werner Damm wird für weitere vier Jahre mit 8 Millionen € gefördert. Das entschied im Dezember 2007 die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). Im Mittelpunkt von AVACS steht die automatische Fehlerdiagnose von Steuerungssystemen in Verkehrsmitteln. Partner des Sonderforschungsbereichs sind die Universitäten Freiburg und Saarbrücken sowie das Max-Planck-Institut für Informatik in Saarbrücken. Beteiligt sind auch die University of Pennsylvania (USA), die Academy of Sciences of the Czech Republic und die ETH Zürich. Die Verlängerung werde es ermöglichen, so Damm, die Sicherheit von

verkehrstechnischen Anwendungen in allen drei Bereichen – Auto, Flugzeug und Bahn – mit mathematischen Methoden zu verbessern und damit für die Gesellschaft eine sehr wichtige Arbeit zu leisten.

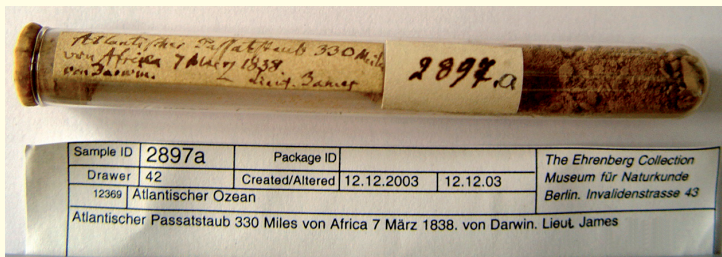
📞 www.avacs.org

Profil und Kooperation

In dem vom Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft ausgeschriebenen Wettbewerb „Profil und Kooperation“ hat sich die Universität Oldenburg als eine von fünf Hochschulen durchgesetzt. Der Oldenburger Antrag begreift die Kooperation mit Unternehmen, Hochschulen und außeruniversitären Institutionen in der Region Nord-West als zentrales Element der eigenen Profilbildung. Dafür soll eine NOWETAS-Stiftung gegründet werden, um die Verbindlichkeit der Nord-West-Hochschulkooperationen weiter zu erhöhen. NOWETAS steht für Nord West Universitas. Ein Fonds soll mittels Anschubfinanzierung weitere Kooperationen in der Küstenregion anbahnen und den Weg zu einem länderübergreifenden Hochschulsystem einschließlich der niederländischen Universität Groningen ebnen. Das Land Niedersachsen verdoppelt die Fördersumme in Höhe von 400.000 €.

📞 www.uni-oldenburg.de/KoopBremenOldenburg/30715.html

ANZEIGE



Puderfeiner Sahara-Staub von den Segeln des Forschungsschiffs „Beagle“ – sicher verschlossen im Reagenzglas.

Darwins Sahara-Staub

Zahlreiche lebende Keime haben Oldenburger ForscherInnen um PD Dr. Anna Gorbushina vom Institut für Chemie und Biologie des Meeres in einer Staubprobe nachgewiesen, die Charles Darwin in der Karibik von den Segeln seines Forschungsschiffs „Beagle“ gefegt hatte. Sie berichten darüber im Journal „Environmental Microbiology“. Der Staub stammt aus der Sahara und wurde mit dem Wind über den Atlantik bis auf das Schiff geweht. Die Proben wurden damals in Glasgefäßen verschlossen und in die Sammlung des Berliner Museums für Naturkunde aufgenommen. Die nun präsentierten Daten belegen, dass der Staub tatsächlich aus der Wüste und nicht aus der Karibik stammt. Inzwischen ist bekannt, dass der Wind große Mengen Staub aus der Sahara über den Atlantischen Ozean trägt und damit einen Beitrag zur Versorgung des Wassers mit Nährstoffen leistet.

① www.uni-oldenburg.de/presse/uni-info/2008/2/forschung.html#5

Nachweis von DNA-Schäden

Ein vereinfachtes Verfahren zur Messung von Gentoxizität haben WissenschaftlerInnen des von Prof. Dr. Irene Witte geleiteten Instituts für Angewandte Toxikologie und Umwelthygiene (INTOX) entwickelt. Die üblichen Messungen, inwieweit eine Chemikalie das Erbgut in Säugerzellen schädigt (Gentoxizität), ist sehr zeit- und personalaufwändig. Zu den häufig eingesetzten Verfahren zählt der sogenannte Comet Assay, bei dem jede Probe in sieben Schritten separat behandelt werden muss. Den Oldenburger ForscherInnen ist es nun gelungen, den Comet Assay erheblich zu vereinfachen. Aufgrund der großen Durchsatzzahlen bietet das neue Verfahren insbesondere Vorteile beim Umweltmonitoring, bei der Neu- und Weiterentwicklung von Produkten oder Wirkstoffen in der Pharma- und Kosmetikindustrie oder bei der Erfüllung gesetzlicher Auflagen. Es

ist marktreif, zum Patent angemeldet und kann - wie das ebenfalls entwickelte vollautomatische Auswertesystem - käuflich erworben werden.

① www.intox-chemosensitivity.de

Die eigene Stimme aus dem Computer

Der Physiker Dr. Eduardo Mendel, Lehrbeauftragter am Institut für Physik, hat ein Softwareprogramm entwickelt, mit dessen Hilfe Kehlkopf- bzw. stimmgeschädigte Patienten über den Computer mit ihrer Umgebung sprachlich kommunizieren können – mittels ihrer eigenen zuvor „konservierten“ Stimme. Von betroffenen PatientInnen werden Stimmproben aufgenommen, die mehrere Tausend Silben und alle Phoneme beinhaltet. Sobald der Patient seine digital gespeicherte Stimme benötigt, wird dieses „Sprachmaterial“ in das individuelle Sprechprogramm „Meine-eigene-Stimme“ integriert und dem Patienten zugeschickt. Nach der Installation des Programms auf seinem Computer kann dann der Erkrankte Sätze eintippen, die anschließend von seiner „eigenen Stimme“ gesprochen werden. Zwar ist die Sprache aus dem Computer nicht völlig identisch mit der lebendigen Sprache, da das Programm nicht ganze Satzmelodien nachbilden kann. Dennoch ist der Klang völlig natürlich und in seiner Individualität eindeutig erkennbar. Das Verfahren ist inzwischen in das Hilfsmittelverzeichnis der Krankenkassen aufgenommen worden.

① www.meine-eigene-stimme.de

Licht steuert Nanoschalter

In der Nanotechnologie hat man schon länger Schalter, Pendel, Drehkreuze und andere Komponenten in Molekülgröße entwickelt. Eine zentrale Schwie-

rigkeit allerdings bleibt: Wie lassen sich die „Winzlinge“ durch Aufnahme von Energie gezielt steuern? WissenschaftlerInnen um Prof. Dr. Thorsten Klüner, Institut für Reine und Angewandte Chemie (IRAC), haben ihre wegweisenden Ergebnisse auf dem Gebiet der Oberflächen-Nanochemie in den „Physical Review Letters“ veröffentlicht (Vol. 98, p. 037601, 2007). Die Oldenburger untersuchten Systeme molekularer Nanostrukturen, die durch schwache elektrostatische Wechselwirkung auf einer elektrisch isolierenden Metalloxydoberfläche adsorbiert sind. Durch theoretische Modellierung dieser Systeme auf Supercomputern ist es gelungen, einen völlig neuen, durch Laserpulse kontrollierten Wechselwirkungsmechanismus zu entdecken, der es in Zukunft möglich machen könnte, komplexe Nanosysteme effizient zu schalten.

① <http://link.aps.org/abstract/PRL/v98/e037601>

Teichrohrsänger kennen Breiten- und Längengrad

Teichrohrsänger (Foto unten) haben allem Anschein nach einen echten Navigationssinn und finden ihr Ziel selbst dann wieder, wenn sie im Flugzeug mehr als 1.000 Kilometer vom Kurs abgebracht werden. Das berichten Forscher um Prof. Dr. Henrik Mouritsen, Institut für Biologie und Umweltwissenschaften, im Journal „Current Biology“. Demnach erkennen die Vögel nicht nur den Breitengrad, sondern auf noch nicht bekannte Weise auch den korrekten Längengrad ihrer aktuellen Position. Diese neuen Resultate ziehen die These in Zweifel, dass Vögel in erster Linie entlang der Nord-Süd-Achse navigieren. In dem Experiment hatte Mouritsen mit seinen KollegInnen der Russischen Akademie der Wissenschaften Vögel in der Gegend von Kaliningrad an der Ostseeküste gefangen, in einem Flugzeug 1.000 Kilometer

in Richtung Osten verfrachtet und dann in der Region von Swenigorod wieder freigelassen - auf einem ganz anderen Längengrad. Das ursprünglich angepeilte Ziel der Vögel lag nun im Nordwesten statt im Nordosten. Genau dorthin flogen die Teichrohrsänger auch und orientierten sich damit exakt in



Richtung ihrer Brutplätze. Dass Zugvögel das Magnetfeld der Erde mit hoher Wahrscheinlichkeit als visuellen Eindruck wahrnehmen, hatten WissenschaftlerInnen der Universität Oldenburg, der Technischen Universität München sowie der Ruhr-Universität Bochum bereits vorher herausgefunden. Die Veröffentlichung in der Ausgabe der renommierten Fachzeitschrift „PLoS ONE“ löste eine ungewöhnlich breite, weltweite Medienresonanz mit Berichten in fast allen bedeutenden Tageszeitungen aus.

① www.staff.uni-oldenburg.de/henrik.mouritsen/

DFG-Mittel für Habermas-Biographie

„Jürgen Habermas als Sozialtheoretiker und öffentlicher Intellektueller. Leben, Werkentwicklung und zeitgeschichtlicher Kontext“



– unter diesem Arbeitstitel hat der Oldenburger Soziologe Prof. Dr. Stefan Müller-Doohm (Foto) die Biographie des weltbekannten Philosophen und Soziologen in Angriff genommen. Gefördert wird das Projekt

von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), die bereits für seine Arbeit an der über 1.000-seitigen, in acht Sprachen übersetzten Adorno-Biographie Mittel zur Verfügung gestellt hatte. Das umfang- und facettenreiche Werk von Habermas, dem international am häufigsten zitierten Sozialtheoretiker, besitzt schon heute den Status eines Klassikers. Durch seine häufigen Interventionen spielt

Habermas eine entscheidende Rolle für die politische Kultur Deutschlands.

① www.uni-oldenburg.de/Forschungsstelle-Intellektuellensoziologie/

Elf Millionen für Forschungsneubau

Die beiden Forschungszentren der Universität Oldenburg, „Neurosensorik“ und „Sicherheitskritische Systeme“, erhalten am Standort Wechloy einen Neubau. Der Wissenschaftsrat gab dem Elf-Millionen-Projekt den 5. Platz in der bundesweiten Prioritätenliste. Insgesamt waren bundesweit 64 Anträge gestellt worden, wovon 17 vom Wissenschaftsrat und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) empfohlen wurden. Das Zentrum, für das in zwei Jahren der Grundstein gelegt wird, ist nach dem Tierhaus und dem EWE-Forschungszentrum für Energietechnologie das dritte Bauprojekt, das innerhalb weniger Jahre in Wechloy entsteht.

① www.neurosensorik.uni-oldenburg.de/

Grundsteinlegung im „Quartier 101“

Das Oldenburger „Quartier 101“ wird um ein Gebäude reicher. Am 18. Januar 2008 wurde der Grundstein für das „OFFIS-ITT“ (Informationstechnologie- und Transferzentrum) am Escherweg gelegt. Bauträger ist OFFIS, das wohl erfolgreichste An-Institut in Deutschland. Der 5.000 Quadratmeter große Neubau wird Ende des Jahres fertig gestellt sein. Ein Großteil der Fläche ist für Büros und Labore vorgesehen, ferner sind Konfe-



renz- und Veranstaltungsbereiche geplant. Das Gesamtinvestitionsvolumen beträgt rund 12 Millionen €, wovon das Land die Hälfte übernimmt. OFFIS-Geschäftsführer Karl-Heinz Menke (Foto)

rechnet fest damit, dass die Räume schnell vermietet sein werden, denn schon vor der Planung des Baus gab es viele Anfragen.

① www.offis.de/ueber/it-quatier/index.php

Großrechner GOLEM

Das Institut für Reine und Angewandte Chemie und das Institut für Physik haben Ende 2008 den „Großrechner Oldenburg für Explizit Multidisziplinäre Forschung“ (GOLEM I) in Betrieb genommen. Hauptnutzer sind die Arbeitsgruppen der Theoretischen Chemie und der Theoretischen Physik sowie ForscherInnen aus dem Institut für Chemie und Biologie des Meeres (ICBM). Der Großrechner wird für die Entwicklung theoretischer Methoden und die Durchführung anspruchsvoller Simulationen genutzt. So berechnen ChemikerInnen z.B. mit aufwändigen quantenmechanischen Methoden die Struktur von Molekülen und den Mechanismus chemischer Reaktionen.

① www.csc.uni-oldenburg.de

Stiftungsprofessur Ökonomische Bildung

„Ökonomische Bildung mit dem Schwerpunkt Berufsorientierung“ heißt die 6. Stif-



Neuer Hochschulrat

Der neue Hochschulrat der Universität Oldenburg ist am 31. Januar 2008 zu seiner konstituierenden Sitzung zusammengetreten und hat erneut den Vorstandsvorsitzenden der EWE AG, Dr. Werner Brinker (Mitte), zum Vorsitzenden gewählt. Seine Stellvertreterin ist die Dortmunder Politologin Prof. Dr. Sigrid Metz-Göckel (3.v.l.). Weiter gehören dem Hochschulrat an (v.l.n.r.): Dr. Barbara Hartung, Ministerialrätin im Niedersächsischen Wissenschaftsministerium, der Oldenburger Arbeitsrechtler Prof. Dr. Thomas Blanke, Eske Nannen, Leiterin der Kunsthalle Emden, Prof. Dr. Hans-Joachim Schellnhuber, Direktor des Potsdam Instituts für Klimafolgenforschung, und Edeltraud Glänzer, Vorstandsmitglied der IG Bergbau, Chemie, Energie.



tungsprofessur der Universität Oldenburg. Mit ihrer Einrichtung will das Institut für Ökonomische Bildung und Technische Bildung (IÖTB) die Berufsorientierung in der Lehrerausbildung für den Hauptschulbereich weiter ausbauen. Die Finanzierung der Professur für fünf Jahre in Höhe von 500.000 € übernehmen die Wirtschaftliche Vereinigung Oldenburg DER KLEINE KREIS e.V., NORD-WEST-METALL - Verbandsgruppe Oldenburg, die OLB-Stiftung und die Vierol Aktiengesellschaft.

① www.ioetb.de

Stipendien für Migranten

Drei Stipendien für StudentInnen des Studiengangs „Interkulturelle Bildung und Beratung“ (Bachelor of Arts), für den sich nur hoch qualifizierte MigrantInnen einschreiben können, finanziert die Bremer Landesbank. Mit dem Studiengang entwickelte die Universität Oldenburg ein europaweit einmaliges und beachtetes Modell, das einen Weg weist, wie MigrantInnen mit pädagogischer, sozialpädagogischer oder sozialwissenschaftlicher Grundausbildung eine angemessene Chance auf dem Arbeitsmarkt gegeben werden kann. In der Regel finden ihre heimatlichen Studienabschlüsse keine Anerkennung. Deshalb müssen sie sich meist mit einem massiven beruflichen und sozialen Abstieg abfinden. Das von Prof. Dr. Rolf Meinhardt initiierte Projekt soll auch auf weitere Berufsfelder ausgedehnt werden.

① www.uni-oldenburg.de/ibkm/19186.html

Guter Platz für Bibliothek

Gut abgeschnitten hat die Oldenburger Universitätsbibliothek bei einem Ranking

des Centrums für Hochschulentwicklung (CHE). Unter 61 Hochschulbibliotheken erreichte sie bei der Gesamtbewertung den 14. Platz. In der Kategorie „Benutzerberatung“ belegt sie sogar Platz 1. Ebenfalls gute Bewertungen gab es in den Kategorien Fernleihe (Platz 11), bei den Öffnungs- und Ausleihzeiten (Platz 7), beim Online-Benutzerservice (Platz 10) und beim Zu-

gang zu elektronischen Zeitschriften (Platz 13). Nachholbedarf gibt es dagegen bei der Verfügbarkeit der für das Studium benötigten Literatur (Platz 22), den Möglichkeiten der Literaturrecherche (Platz 23) und der Aktualität des Bestands (Platz 25).

① www.ch.de/downloads/IIB_Bibliotheken.pdf

„Grüne Schule“ im Botanischen Garten

Eine „Grüne Schule“ für Kinder und Jugendliche aller Alterstufen wird in diesem Jahr im Botanischen Garten errichtet. Im Frühjahr beginnt der Umbau des dafür vorgesehenen ehemaligen Betriebshofs (Foto). Im Sommer soll es – unabhängig von der Fertigstellung des Gebäudes – erste Angebote geben. Die Finanzierung der „Grünen Schule“, die 2009 auch im Rahmen der KinderUniversität aktiv werden will, wird durch die Universität und den Freundeskreis des Botanischen Gartens ILEX ermöglicht. Das Programm wird von einer Doktorandin

zusammen mit StudentInnen, die das Lehramt anstreben, konzipiert, organisiert und umgesetzt. Lernen im außerschulischen Bereich ist oft effektiver und lebendiger und kann den Schulunterricht hervorragend bereichern.

Klitzing-Preis für Physik-Lehrer

Der Kasseler Mathematik- und Physiklehrer Klaus-Peter Haupt ist „Lehrer des Jahres 2007 für naturwissenschaftliche Fächer“. Am 13. November nahm er den mit 15.000 € dotierten Klaus-von-Klitzing-Preis, den die Universität Oldenburg und die EWE Stiftung jährlich vergeben, aus den Händen des Physik-Nobelpreisträgers Prof. Dr. Klaus von Klitzing vor rund 200 geladenen Gästen in der Aula des Alten Gymnasiums Oldenburg entgegen. Mit Haupt werde ein Lehrer ausgezeichnet, der mit nahezu uner-schöpflicher Energie Jugendliche für Wissenschaft, Teamarbeit und selbständiges, projektbezogenes Forschen zu begeistern versuche, sagte von Klitzing.

① www.klaus-von-klitzing-preis.de/

Niedersächsischer Wissenschaftspreis

Mit Prof. Dr. Esther Ruigendijk (Foto) und dem Bachelor-Absolventen Jan Rennies



wurden im November 2007 gleich zwei Angehörige der Universität Oldenburg mit dem erstmals vergebenen Wissenschaftspreis des Landes Niedersachsen ausgezeichnet. Ruigendijk, seit

2005 Juniorprofessorin für Niederländische Sprachwissenschaft an der Universität,



Der Preisträger Klaus-Peter Haupt (r.) mit dem Nobelpreisträger und Namensgeber des Preises Klaus von Klitzing.

„It's Oh So Quiet - Exilkomponisten in Hollywood“



Mit Riesenbeifall wurde an der Towson State University (USA) die von Oldenburger Musikstudierenden aufgeführte

Revue „It's Oh So Quiet – Exilkomponisten in Hollywood“ aufgenommen. Die Gruppe trat anlässlich des 20. Jubiläums der Partnerschaft mit der amerikanischen Universität auf, zu der Oldenburg besonders engen Kontakt unterhält. Die Revue, die zuvor mit großem Erfolg in Oldenburg aufgeführt worden war, entstand unter der Regie der Musikwissenschaftler Prof. Dr. Fred Ritzel, Sija Stegmeier und Peter Vollhardt.

Revue „It's Oh So Quiet – Exilkomponisten in Hollywood“ aufgenommen. Die Gruppe trat anlässlich des 20. Jubiläums der Partnerschaft mit der amerikanischen Universität auf, zu der Oldenburg besonders engen Kontakt unterhält. Die Revue, die zuvor mit großem Erfolg in Oldenburg aufgeführt worden

erhält den mit 30.000 € dotierten Preis in der Kategorie Nachwuchswissenschaftler u.a. für die Planung und Implementierung von Bachelor- und Masterstudiengängen. Mit 1.000 € wurde Rennis für seine mit „sehr gut“ bewertete Bachelor-Arbeit im Studiengang „Bachelor of Engineering Physics“ belohnt.

① www.mwk.niedersachsen.de/master/C732_L20_D0.html

Ossietzky-Preis für Deutschkron

Der mit 10.000 € dotierte Carl-von-Ossietzky-Preis für Zeitgeschichte und Politik der Stadt Oldenburg geht 2008 an die Journalistin und Autorin Inge Deutschkron (Foto). Die 84-Jährige, die als Jüdin in der Nazizeit in Berlin aufwuchs, wurde vor allem durch ihre



Autobiografie „Ich trug den gelben Stern“ bekannt.

① www.oldenburg.de/stadtol/index.php?id=3648

Wefers neuer UGO-Vorsitzender

Michael Wefers (Foto), Vorstandsmitglied der CeWe Color Holding AG, ist im No-

vember 2007 zum neuen Vorsitzenden der Universitäts-Gesellschaft Oldenburg (UGO) gewählt worden. Er trat die Nachfolge von Dr. Jörg Bleckmann an, der die UGO vier Jahre lang leitete. Zu seiner Stellvertreterin wurde die Marketingexpertin Svea von Mende gewählt. Die weiteren



Vorstandsmitglieder sind Manfred Klöpffer, Karin Brodich, Heiko Büsing und Michael Wagener. Wefers möchte die UGO noch stärker in der Region verankern und insbesondere jüngere Menschen – darunter auch die AbsolventInnen der Universität Oldenburg – für eine Mitgliedschaft gewinnen. Außerdem müsse die Finanzkraft der UGO gestärkt werden, um deren Gewicht in der Universität zu erhöhen, sagte er. Wefers begann nach dem Jura-Studium in Regensburg seine berufliche Laufbahn bei der Dresdner Bank in der Management-Entwicklung. Danach war er bei der Berentzen AG für Personal und Recht zuständig. 1995 wechselte er als Personalchef in die CeWe Color Gruppe, wo er 2002 Geschäftsführer der Neumüller CeWe Color Stiftung wurde und europaweit die Bereiche Personal- und Rechtsmanagement verantwortete. Drei Jahre später wurde er zum Vorstandsmitglied

der CeWe Color Holding AG, Oldenburg, berufen. Bereits seit 2003 ist er im Vorstand der UGO tätig – als Stellvertretender Vorsitzender.

① www.uni-oldenburg.de/ugo/

Appelrath im EFZN-Vorstand

Prof. Dr. Dr. h. c. Hans-Jürgen Appelrath (Foto), Informatiker an Universität Oldenburg, ist zum Stellvertretenden



Vorstandsvorsitzenden des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen (EFZN) gewählt worden. Vorsitzender des siebenköpfigen Vorstands ist Prof. Dr. Hans-Peter Beck, Vizepräsident der

TU Clausthal. Die TU stellt gemeinsam mit dem Land Niedersachsen Fördermittel von rund 1,8 Millionen € pro Jahr zur Verfügung. In der neuen Forschungseinrichtung in Goslar arbeiten die Universitäten Braunschweig, Clausthal, Göttingen, Hannover und Oldenburg gemeinsam an der Lösung von Energiefragen, um die niedersächsischen Kompetenzen entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Energiewirtschaft zusammenzuführen und die landesweite Energieforschung als Ganzes voranzutreiben. Im Goslarer EFZN-Gebäude sollen einmal über 100 WissenschaftlerInnen arbeiten. www.efzn.de

Job-Messe URMO mit Zukunft

Acht Unternehmen präsentierten sich Ende März bei der zum zweiten Mal stattfindenden „Uni-Recruiting-Messe Oldenburg“ (URMO) im Hörsaalzentrum. Studierende erfuhren, welche Praktika sie absolvieren und welche Unterstützung sie bei Abschlussarbeiten bekommen können. Außerdem erhielten sie Informationen über Karrierechancen bei verschiedenen Unternehmen. Personalchefs standen auch für Einzelgespräche zur Verfügung. Daneben gab es auf der Jobmesse Informationen zu Unternehmensgründungen und Selbständigkeit. Aufgrund des großen Erfolges wird die Job-Messe, die von der Alumni-Stelle (Presse & Kommunikation) in Kooperation mit der ad rem Business Akademie und der Studenteninitiative Market Team veranstaltet wird, zwei Mal jährlich stattfinden.

Rufe



Prof. Dr. Nanna Fuhrhop, bisher Verwalterin der Professur für Deutsche Sprache am Institut für Germanistik, hat den Ruf auf diese Professur angenommen. Fuhrhop studierte an der FU Berlin und der Universität Stuttgart Allgemeine und Germanistische Linguistik. Nach der Promotion an der FU Berlin 1997 arbeitete sie als Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Zentrum für Allgemeine Sprachwissenschaft Berlin und am Institut für Germanistik der Universität Potsdam, wo sie sich 2005 habilitierte. 2000 ging sie mit einem Auslandsstipendium des DAAD für sechs Monate an die Stony Brook University, New York (USA). Es folgten Professurvertretungen in Potsdam und Oldenburg. Bevor sie sich endgültig für Oldenburg entschied, war Fuhrhop als Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Siegen tätig. Ihre Forschungsschwerpunkte sind die Morphologie und Schriftgrammatik.



Prof. Dr. Gesa Lindemann hat den Ruf auf die Professur für Soziologische Theorien am Institut für Sozialwissenschaften angenommen. Lindemann studierte Soziologie, Philosophie und Rechtswissenschaften an der FU Berlin, promovierte an der Universität Bremen und habilitierte sich 2001 an der Universität Frankfurt/Main. Nach einer Vertretungsprofessur an der Universität München leitete sie am Institut für Soziologie der TU Berlin das DFG-Projekt „Bewusstsein und anthropologische Differenz“. Es folgten eine Vertretungsprofessur in Bielefeld sowie Tätigkeiten als Visiting Professor bzw. Visiting Scholar u.a. in Harvard. Ihre Forschungsschwerpunkte: Soziologische Theorie, speziell Sozial- und Gesellschaftstheorie, Verhältnis von Soziologie und Anthropologie, Grenzen der Vergesellschaftung, Soziologie naturwissenschaftlichen Wissens.



Prof. Dr. Friedrich Linderkamp, bisher Gastprofessor für Psychodiagnostik an der Universität Oldenburg, hat den Ruf auf die Professur für Sonder- und rehabilitationspädagogische Psychologie am

Institut für Sonderpädagogik angenommen. Linderkamp studierte Klinische Psychologie in Oldenburg und New Orleans. Zunächst arbeitete er als Wissenschaftlicher Angestellter an den Universitäten Oldenburg und Dortmund, wo er 1997 promovierte. 1999 erhielt er die Approbation als Psychologischer Psychotherapeut. In der Forschung beschäftigt sich Linderkamp u.a. mit dem Einfluss psychosozialer Risiko- und Schutzfaktoren auf die psychische Gesundheit von Kindern mit besonderen Risiken sowie mit Trainings für Kinder mit Lern- und Verhaltensstörungen. An seinem Lehrstuhl wird ein Ambulatorium für Rehabilitationspsychologie aufgebaut.



Prof. Dr. Hannes Uecker, bisher Akademischer Rat an der Universität Stuttgart, hat den Ruf auf die Professur für Mathematik mit dem Schwerpunkt Mathematische Modellierung mit analytischen Methoden am Institut für Mathematik angenommen. Uecker studierte Mathematik und Informatik an der Universität Hannover, wo er auch als Wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig war. Nach der Promotion im Jahr 2000 an der Universität Bayreuth arbeitete er am Institut für Analysis der Universität Karlsruhe, wo er sich 2005 habilitierte. Es folgte eine Vertretung der Professur für Nichtlineare Analysis an der Universität Magdeburg und die Ernennung zum Akademischen Rat an der Universität Stuttgart. Seine Forschungsschwerpunkte sind u.a. die Modellierung mit Modulations- und Amplitudengleichungen, Musterbildung und partielle Differentialgleichungen der Mathematischen Physik.



Prof. Dr. Ute Dettmar, bisher Wissenschaftlerin am Institut für Jugendbuchforschung der Universität Frankfurt/M. tätig, ist neue Juniorprofessorin für Kinder- und Jugendliteratur am Institut für Germanistik. Dettmar studierte Germanistik und Hispanistik in Frankfurt/M. und Málaga (Spanien). Nachdem sie 2000 in Frankfurt mit einer Studie über das Kinderschauspiel im 18. und 19. Jahrhundert promoviert hatte, wurde sie Wissenschaftliche Mitarbeiterin am dortigen Institut für Jugendbuchforschung. Zu ihren Forschungsgebieten zählen die Kinder- und Jugendliteratur des 18. bis 20. Jahrhunderts sowie die Geschichte, Ästhetik und Kritik der Populärkultur.

Einblicke

www.uni-oldenburg.de/presse/einblicke/

Nr. 47, 24. Jahrgang, Frühjahr 2008
ISSN 0930/8253

Herausgeber
Das Präsidium der
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Redaktion
Gerhard Harms (verantw.),
Dr. Corinna Dahm-Brey,
Manfred Richter,
Dr. Andreas Wojak

Presse & Kommunikation
Ammerländer Heerstraße 114-118
26129 Oldenburg
Tel.: 0441/798-5446, Fax: -5545
E-Mail: presse@uni-oldenburg.de

Layout & Bildbearbeitung
Inka Schwarze

Titel
Per Ruppel

Abbildungen
dpa (S. 17, 24)
EWE AG (S. 25)
Peter Duddek (S. 40, 41, 47, 48)
Wilfried Golletz (S. 48)
Google Earth (S. 38)
Anna Gorbushina (S. 46)
iStockphoto (S. 4, 6, 13, 20)
SULFURCELL Solartechnik GmbH (S. 31)
Michael Wefers (S. 43)

Druck
Officina-Druck - Posthalterweg 1b
26129 Oldenburg
Tel.: 0441/7760-60, Fax: -65
E-Mail: info@officina.de

EINBLICKE erscheint zweimal im Jahr und informiert eine breitere Öffentlichkeit über die Forschung der Universität Oldenburg. Die AutorInnen nehmen bewusst Vereinfachungen in der Darstellung ihrer Projekte in Kauf. Abdruck der Artikel nach Rücksprache mit der Redaktion und unter Nennung der Quelle möglich.