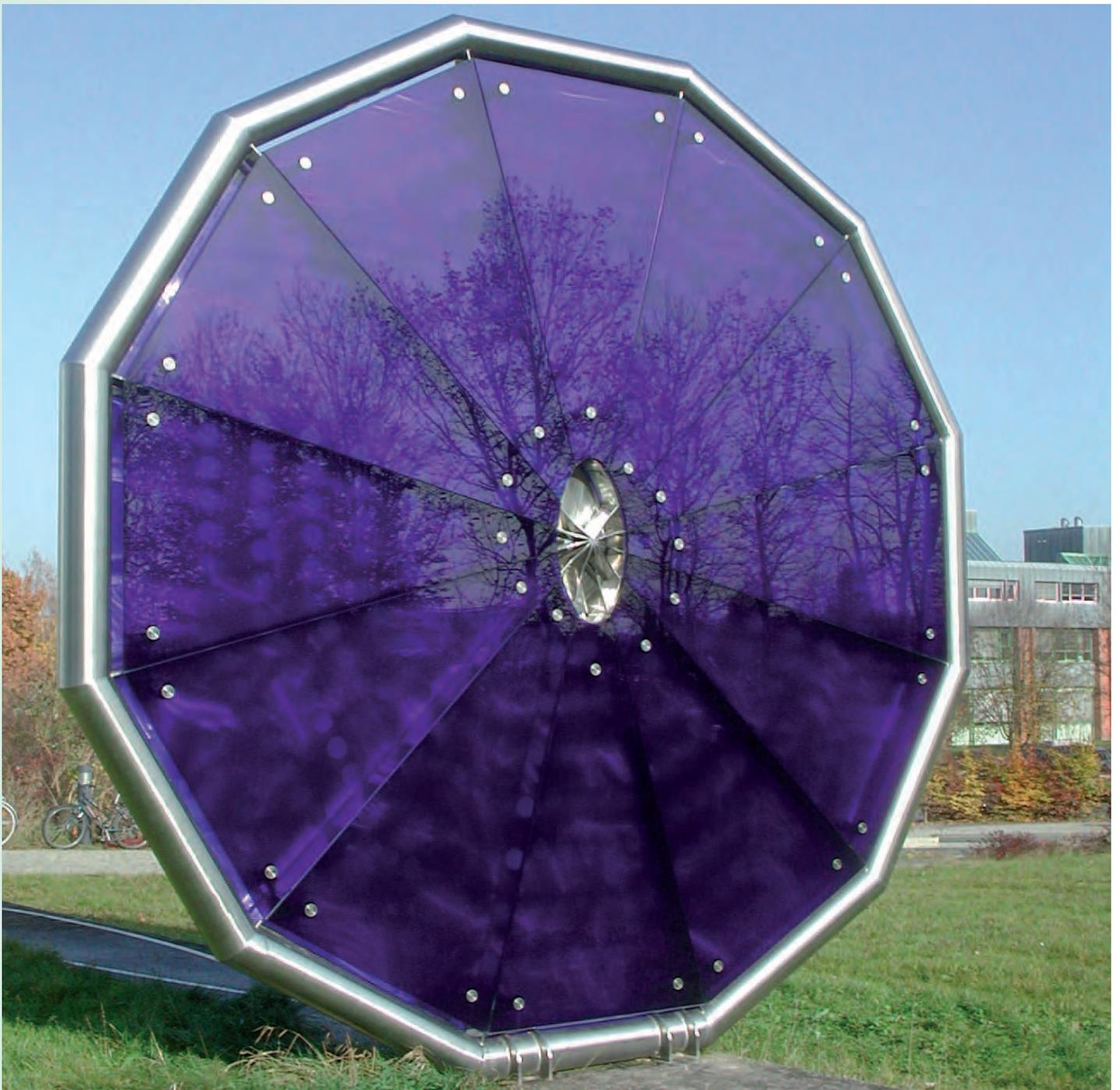


spektrum

THEMA: ENERGIE UND UMWELT



Titelbild

Titelseite: Die Sonnenscheibe vor dem Gebäude der Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften zählt zu den markantesten Objekten auf dem Campus und ist zugleich ein Symbol für das Titelthema dieser Spektrum-Ausgabe: Energie und Umwelt sind Themen, die über die Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften hinaus Experten der unterschiedlichsten an der Universität Bayreuth vertretenen Disziplinen beschäftigen. Auf den folgenden Seiten beleuchten sie das Thema aus ihrer fachlichen Perspektive.



Impressum

Redaktion:
Pressestelle der Universität Bayreuth
Frank Schmälzle (ViSdP)
Anschrift: 95440 Bayreuth
Telefon (09 21) 55-53 23/4
Telefax (09 21) 55-53 25
pressestelle@uni-bayreuth.de
<http://www.uni-bayreuth.de>

Kürzungen und Bearbeitung eingesandter Manuskripte behält sich die Redaktion vor.
Alle Beiträge sind bei Quellenangaben frei zur Veröffentlichung. Belegexemplare sind erwünscht.

Herausgeber:
Universität Bayreuth

Satz und Layout:
GAUBE media agentur, Bayreuth
Telefon (09 21) 5 07 14 41
spektrum@gaube-media.de

Auflage: 2000
Druck: Holtz Druck, Neudrossenfeld
Telefon (0 92 03) 60-0

Inhalt



Energie und Umwelt

Bessere Energieeffizienz auch auf dem Campus	4
Abwärme – ein wertvolles Gut	8
Feinstaub in der Luft messen und mindern	10
Gefährlicher Ruß	12
Recyclebare Polymere – Materialien mit Zukunft	14
Brennstoffzellen brennen nicht durch	15
Strom aus Plastik	18
Reaktive Reststoffe fangen CO ₂ aus Kraftwerksabgas	20
„Entflammt für Energie“	22
Energie und Umwelt aus geologischer Sicht	24
Energie und Umwelt – steuern durch Steuern!	27
Energie(recht) an der Universität Bayreuth	30



Aktuelles

Die kommunikative Konstruktion der Wirklichkeit	32
Religionen, Staat und Gesellschaft	34
Alles ist Zahl - Mathematik trifft Kunst	36
Verbindung zwischen Universität und Region stärken	37
Der 4. Tag der Mathematik bricht Rekorde	38





Bessere Energieeffizienz

Verbesserte Umwandlung,

Begrenzte Ressourcen, steigende Preise, der Klimawandel – es gibt viele Gründe, mit Energie bewusster und vernünftiger umzugehen. Während manche energiepolitischen Fragen kontrovers debattiert werden, ist ein Ziel unumstritten: die Einsparung von Energie durch erhöhte Effizienz. Dies betrifft nicht nur die Wandlung von Energieträgern in die gewünschten Nutzenergien (z.B. Wärme), sondern auch eine optimierte Energieverteilung und -anwendung. Praxisbezogene Analysen und Konzepte zur Verbesserung der Energieeffizienz in allen drei Bereichen werden hier am Beispiel eines besonderen Energiesystems vorgestellt: dem Campus der Universität Bayreuth.

Energieumwandlung

Der Verbrauch der Universität Bayreuth an Wärme, Kälte und Strom summiert sich pro Jahr auf rund 60 Mio. kWh. Dies entspricht dem Energieverbrauch von etwa 4000 privaten Haushalten. Zur zentralen Erzeugung von Wärme und Kälte für den Campus stehen gas- und öl-befeuerte Heizkessel sowie Kompressionskältemaschinen zur Verfügung, die von der Bayreuther Energie- und WasserversorgungsgmbH (BEW) betrieben werden. Versorgt werden damit drei universitätseigene Wärme- und Kältenetze:

- ein Hochtemperatur-Wärmenetz (HT) mit einer Vorlauftemperatur von 90 °C,
- ein Niedertemperatur-Wärmenetz (NT) mit einer Vorlauftemperatur von 50 °C und
- ein Kältenetz mit einer Vorlauftemperatur von 6 °C.

Die Abwärme der Kältemaschinen kann entweder in das Niedertemperatur-Wärmenetz eingespeist oder aber über Kühltürme an die Umgebung abgeführt werden, wobei im erstgenannten Fall die Leistungszahl der Kälteerzeugung etwas niedriger ist. Als Energiespeicher für

Niedertemperaturwärme und Kälte stehen drei Pendelspeicher zur Verfügung (Abb. 1).

In Zusammenarbeit mit der BEW und der Base Technologies GmbH, München, wurden am Lehrstuhl für

Technische Thermodynamik und Transportprozesse (LTT) die Möglichkeiten der gekoppelten Wärme- und Kälteerzeugung systematisch analysiert und optimiert. Eine umfassende Zeitreihenanalyse des Wärme- und Kälteverbrauchs der Universität für zurückliegende Jahre ermöglichte es, wesentliche Faktoren des Energiebedarfs zu identifizieren. Abb. 2 zeigt beispielhaft die zeitliche Variabilität des Wärme- und Kälteverbrauchs der Universität Bayreuth über ein Jahr. Basierend auf verschiedenen methodischen Ansätzen wurden Modelle für Kurzfristprognosen des Wärme- und

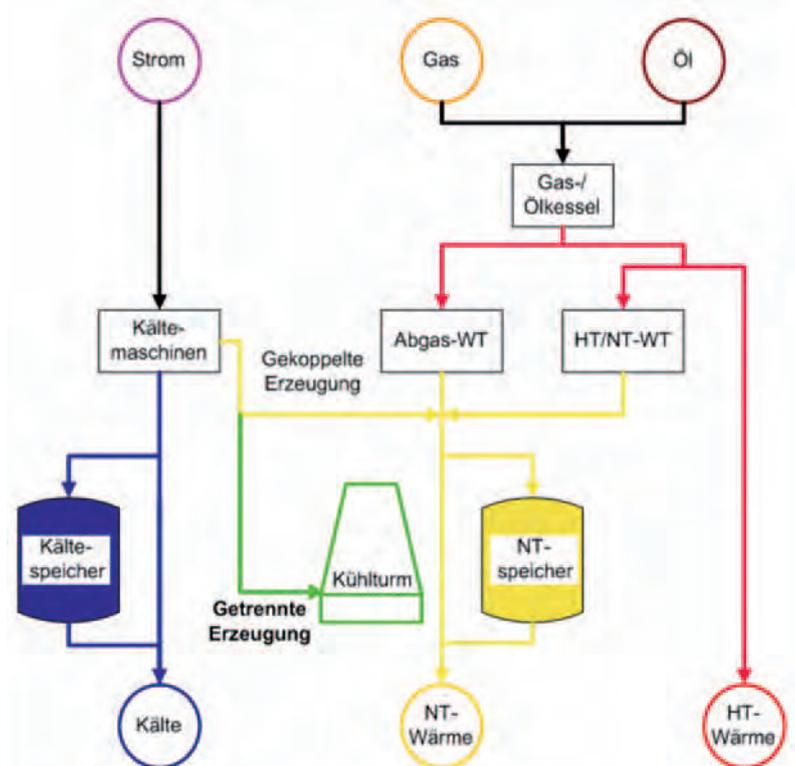


Abb. 1: Schematische Darstellung der gekoppelten Wärme- und Kälteerzeugungsanlagen

auch auf dem Campus

Verteilung und Nutzung in der Universität Bayreuth

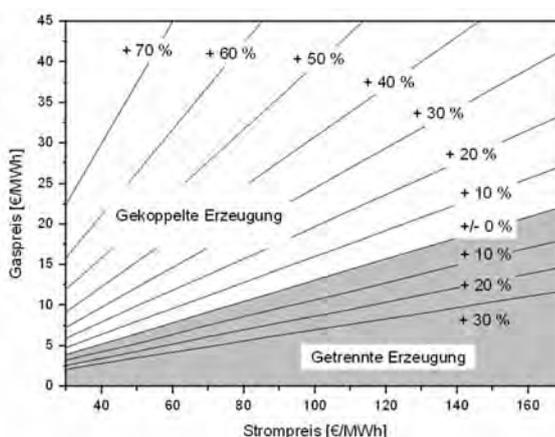
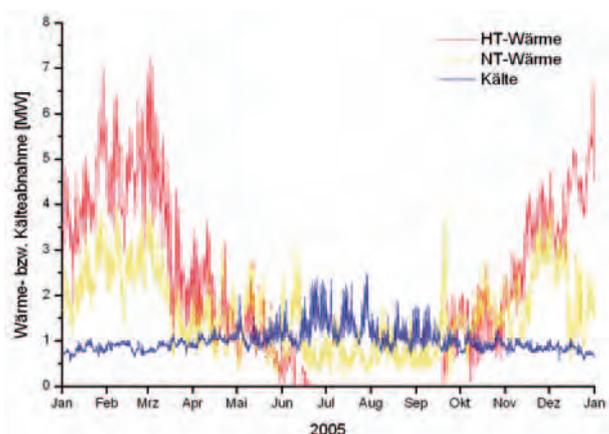


Abb. 2 (links):
Zeitliche Variabilität
des Wärme- und Kälte-
verbrauchs der
Universität Bayreuth

Abb. 3 (rechts):
Darstellung der Re-
lationen von Strom-
und Gaspreisen, für
die eine gekoppelte
oder eine getrennte
Wärme- und Kälte-
erzeugung ökonomi-
scher ist

Kältebedarfs erarbeitet und zur Kostenoptimierung eingesetzt. Hieraus ließen sich Grundstrategien des Anlageneinsatzes entwickeln. Als Beispiel zeigt Abb. 3, für welche Gas- und Strompreise entweder eine gekoppelte oder eine getrennte Wärme- und Kälteerzeugung von Vorteil ist. Insbesondere im Hinblick auf den Kältemaschinenbetrieb können die Energiekosten so um etwa 30.000 €/a gesenkt werden.

Energieverteilung

In einer weiteren Untersuchung wurden die vorhandenen Wärme- und Kältenetze der Universität Bayreuth einer Systemanalyse unterzogen. Im Vordergrund standen hierbei folgende Aspekte:

- Optimierung des momentanen Netzbetriebs bezüglich der Netzstabilität,
- Vermeidung einer Unterversorgung einzelner Gebäude mit Heizwärme sowie
- Identifizierung geeigneter Anschlussmöglichkeiten neuer Gebäude an die vorhandenen Netze.

Zunächst wurde das bestehende Versorgungssystem des Universität - scampus systematisch erfasst. Eine schematische Darstellung der Wärme- und Kältenetze der Universität am Beispiel des im Winter auftretenden Betriebszustandes zeigt Abb. 4. Beispiele für eigene Ultraschallmessungen des Volumenstroms sowie Druckmessungen im unterirdischen Versorgungssystem sind in Abb. 5 und 6 zu sehen. Aufbauend auf den Messergebnissen wurden detaillierte Modelle der Wärme- und Kälteversorgung entwickelt und aus den Ergebnissen Empfehlungen zur Optimierung der Netzregelung und des Netzbetriebs abgeleitet. Abb. 7 stellt als Ergebnisbeispiel berechnete Differenzdrücke für eine empfehlenswerte zusätzliche Differenzdruckregelung des HT-Wärmenetzes an der Netzstelle B3 dar.

Mit den Ergebnissen dieser Untersuchungen konnte zum einen die Versorgungssicherheit der Gebäude auf dem Campusgelände verbessert werden. Zum anderen wurde aufgezeigt, dass die vorhandenen

Netzkapazitäten ausreichen, um auch das neue Gebäude der Angewandten Informatik zentral zu versorgen.

Abb. 4 (unten):
Schematische
Darstellung der
Wärme- und
Kälteversorgung im
Winterbetrieb

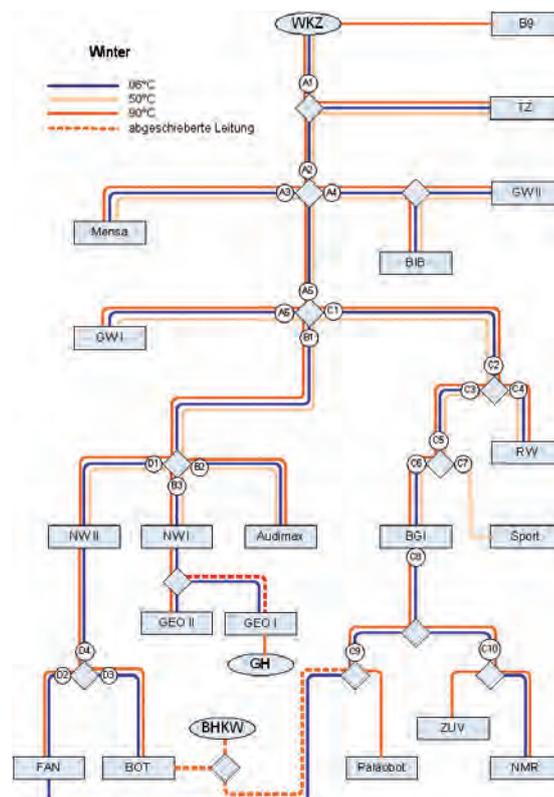


Abb. 5:
Berührungslose Mes-
sung des Heizwasser-
Volumenstroms
mittels Ultraschall



Energienutzung

Die systematische Analyse und Bewertung des Endenergieverbrauches sowie möglicher Energieeinsparmaßnahmen bildet einen weiteren zentralen Ansatzpunkt zur Erhöhung der Energieeffizienz. Teilt sich der Endenergieeinsatz auf eine Vielzahl an Verbrauchern auf, wie dies auf die Gebäude und Einrichtungen der Universität Bayreuth zutrifft, sollten entsprechende Aktivitäten vorrangig auf Großverbraucher fokussiert werden. Der ökologisch-

botanische Garten (ÖBG) ist eine besonders bedeutsame zentrale Einrichtung der Universität Bayreuth, zählt allerdings auch zu ihren größten Energieverbrauchern. Der Einsatz an Wärme, Kälte und Strom beläuft sich dort auf jährlich rund 6 Mio. kWh, also auf etwa 10 % des gesamten Energieverbrauchs der Universität. Vor diesem Hintergrund wurde am LTTT ein Konzept ausgearbeitet, anhand dessen die Energieeffizienz im ÖBG verbessert und Kosten eingespart werden können.

Zunächst wurde die energetische Ist-Situation im ÖBG erfasst und eine Aufschlüsselung des Gesamtverbrauches an Wärme, Kälte und Strom nach Verbrauchsschwerpunkten vorgenommen. Hierzu wurden verfügbare Daten ausgewertet sowie zusätzliche Verbrauchsmessungen wie auch umfangreiche Energiebedarfsberechnungen durchgeführt. Thermografische Aufnahmen zeigten zudem Schwachstellen in den Außenhüllen der Gewächshäuser (Abb. 8). Daran anschließend wurden zahlreiche technische und gebäudebezogene Maßnahmen zur Verbesserung der

Abb. 6:
Druckmessung im
Wärmeversorgungs-
netz

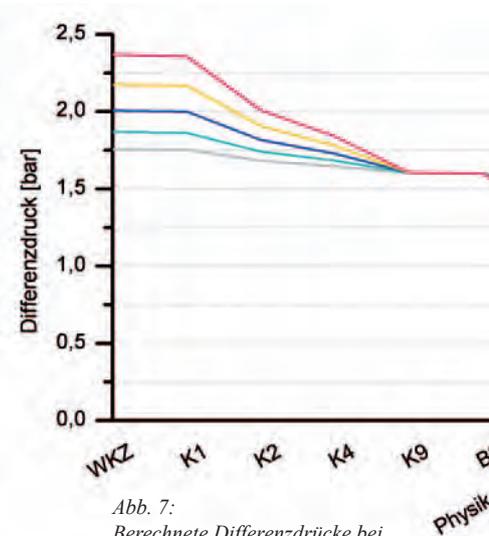
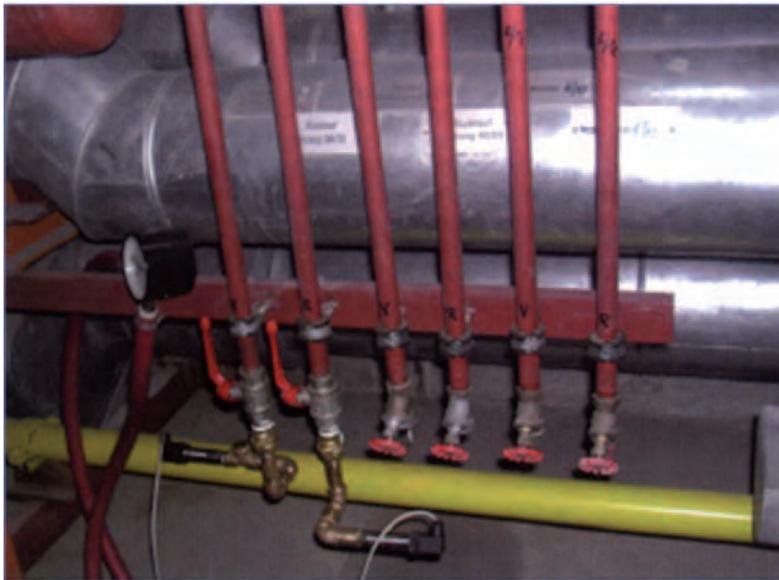


Abb. 7:
Berechnete Differenzdrücke bei
Differenzdruckregelung des HT-
Wärmenetzes an der Stelle B3

Energieeffizienz untersucht und hinsichtlich ihrer Eignung und Wirtschaftlichkeit bewertet.

Die Untersuchungen zeigten, dass sämtliche im Detail betrachteten Maßnahmen zu einer Reduzierung des Energieverbrauches im ÖBG führen und sich nahezu alle Maßnahmen wirtschaftlich umsetzen lassen. Auch unter Einbeziehung der zu tätigen Investitionen wird – über die jeweiligen Nutzungsdauern gerechnet – eine deutliche Reduzierung der Gesamtkosten im Vergleich zur Ist-Situation erreicht. Bei begrenzter Verfügbarkeit von Investitionsmitteln sollten vorrangig diejenigen Maßnahmen umgesetzt werden, die besonders kurze Amortisationszeiten aufweisen. Die in Abb. 9 ausgewiesenen Maßnahmenbündel sind dem entsprechend geordnet und erzielbare jährliche Kosteneinsparungen sowie hierzu erforderliche Investitionen als kumulierte Werte angegeben. Abb. 10 umfasst eine Zusammenstellung derjenigen Maßnahmen, welche insgesamt höchsten Energie- und Kosteneinsparpotenziale aufweisen.

zung von 18.000 €/a lässt sich in jedem Fall noch deutlich ausbauen

Individuelle Konzepte

Maßnahmenkataloge und Beratungsinstrumente zur Verbesserung der Effizienz im Umgang mit der kostbaren Ressource Energie werden heute beinahe schon im Überfluss angeboten. Als Einstieg sind diese Angebote sicherlich hilfreich, auch wenn sie sich inhaltlich zumeist auf vielseitig anwendbare Querschnittstechnologien zur Energieeinsparung beschränken. Die hier diskutierten Beispiele für die Universität Bayreuth zeigen jedoch, dass gerade in größeren und komplexeren Energiesystemen die sachgerechte Erfassung des Ist-Zustandes und die systematische Analyse und Bewertung möglicher Verbesserungsmaßnahmen einen beträchtlichen Aufwand erfordern, der sich durch derartige Instrumente nicht oder nur bedingt eingrenzen lässt. Optimale Lösungen erfordern hier vielmehr individuelle, auf den Einzelfall zugeschnittene Konzepte. LTTT und das ihm angeschlossene Steinbeis-Transferzentrum Angewandte Thermodynamik, Energie- und Verbrennungstechnik (ATEV) stellen entsprechendes Know-How zur Verfügung. ■

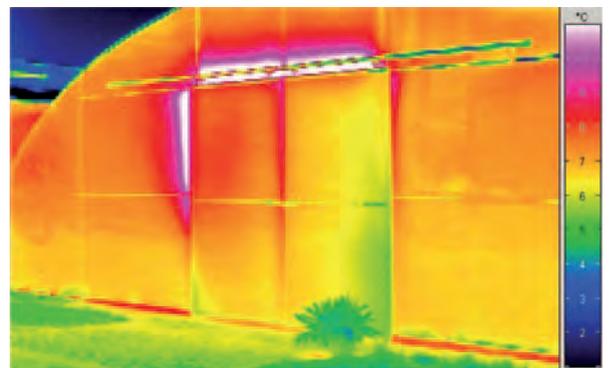
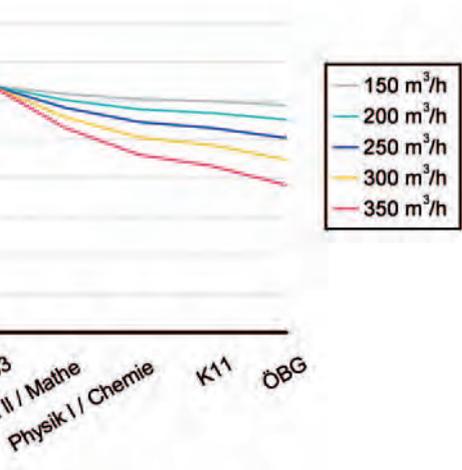


Abb. 8 a + b: Detektion von Schwachstellen in den Außenhüllen der Gewächshäuser im ÖBG mittels Thermografie



Die im ÖBG erzielbare Energie- und Kosteneinsparung könnte eine Größenordnung von 35 % erreichen. Die dazu notwendigen Investitionen belaufen sich dabei in der Summe allerdings auf mehr als 1 Mio. €. Mit dem vorgenommenen Maßnahmen-Ranking steht in jedem Fall eine Entscheidungsgrundlage zur Verfügung, anhand der – in Abhängigkeit verfügbarer Investitionsmittel – eine bestmögliche Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen getroffen werden kann. Die bereits während dieser Untersuchung realisierte Energieeinsparung von 130 MWh/a und Kosteneinspa-

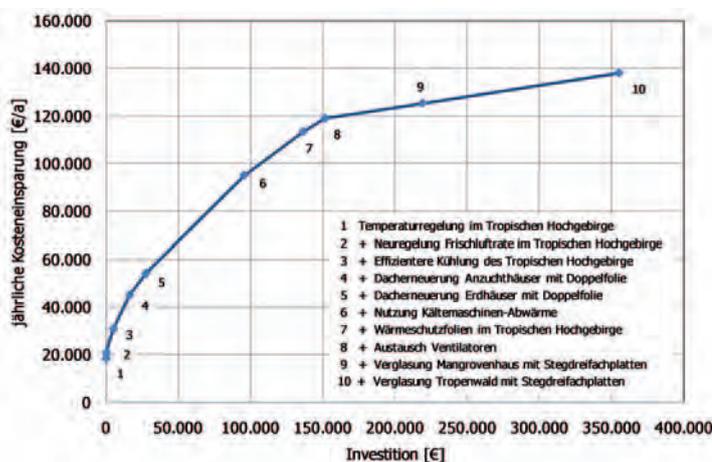


Abb. 9: Kumulierte jährliche Kosteneinsparungen und Investitionen von Maßnahmenbündeln mit möglichst kurzen Amortisationszeiten

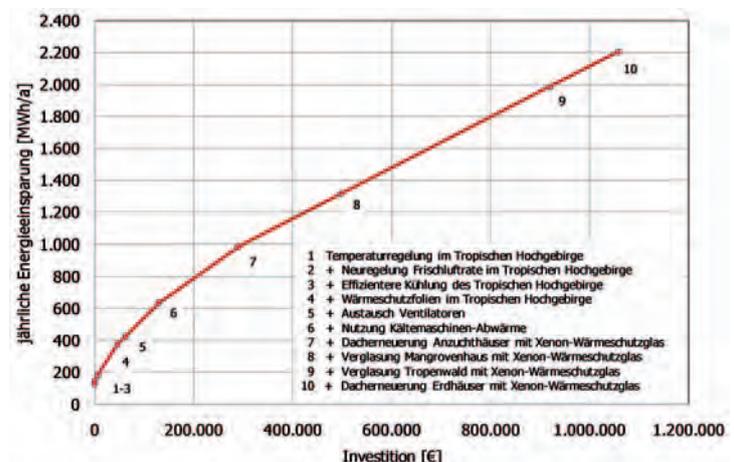


Abb. 10: Kumulierte jährliche Energieeinsparungen und Investitionen von Maßnahmenbündeln mit maximalem Einsparpotenzial

Abwärme – ein wertvolles Gut

Stromerzeugung und mobile thermische Speicher

Rund zwei Drittel des Endenergieverbrauchs der deutschen Industrie dienen der Bereitstellung von Prozesswärme. Die hieraus resultierende „Abwärme“ soll in zunehmendem Maße weiter genutzt werden. Das gesamte verfügbare Abwärmepotenzial ist vor allem in kleinen und mittelständischen Unternehmen noch längst nicht ausgeschöpft.

Stromerzeugung

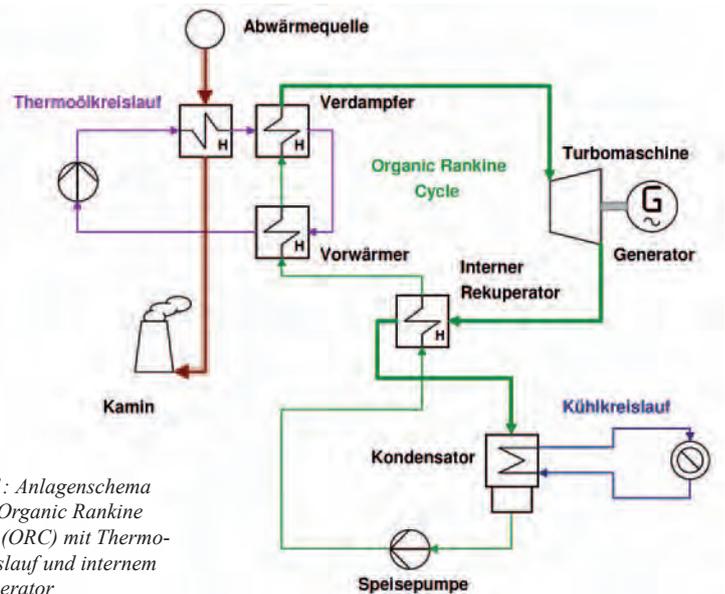
In Industrieprozessen fallen häufig größere Mengen an Wärme bei durchaus hohen Temperaturen von zum Teil über 100 °C an. Statt diese als Abwärme an die Umwelt abzugeben, ist zu erwägen, ob sie nicht zur Stromerzeugung genutzt werden kann. Hierzu kommt vor allem der Organic Rankine Cycle (ORC) in Betracht.

Der ORC arbeitet ähnlich dem Dampf-Kraft-Prozess konventioneller Kraftwerke. Im Unterschied hierzu setzt man jedoch statt Wasser organische Fluide ein (Abb. 1). Das Arbeitsmedium wird in einer Pumpe auf einen Druck von rund 20 bar verdichtet, im Vorwärmer auf Siede-

Abb. 2:
Geothermianlage
in Landau auf
Basis der ORC-
Technologie
(Quelle: Geo X)



Abb. 1: Anlagenschema eines Organic Rankine Cycle (ORC) mit Thermoölkreislauf und internem Rekuperator



temperatur erhitzt und im Verdampfer vollständig verdampft. Der Sattendampf expandiert anschließend in einer Turbomaschine, die einen Generator zur Stromerzeugung antreibt. Ein Teil der Energie des Dampfes wird zur Vorwärmung des Arbeitsmediums genutzt. Die Kondensation des Arbeitsmediums und der Wiedereintritt in die Pumpe schließen den Kreisprozess. Um eine Zersetzung der organischen Medien zu verhindern und eine optimale Regelung des Kreisprozesses zu gewährleisten, kommt zudem ein Thermoölkreislauf zum Einsatz, der über ein Wärmeträgerfluid (häufig ein Silikonöl) die industrielle Abwärme in den Kreisprozess einkoppelt. Da eine Vielzahl an organischen Medien prinzipiell zur Verfügung steht, ist es das Ziel, ein auf den Anwendungsfall optimal zugeschnittenes Arbeitsmedium zu bestimmen. Die ORC-Technologie wird unter anderem in Geothermianlagen (Abb. 2) bereits erprobt.

In eigenen Arbeiten wird für verschiedene Betriebe individuell analysiert, ob eine solche Lösung technisch problemlos machbar und nicht zuletzt wirtschaftlich sinnvoll ist. Als Ergebnis erhält man, wie in Abb. 3 beispielhaft gezeigt, die Amortisationszeit einer ORC-Anlage in Abhängigkeit der Investitionskosten, hier einerseits für das Standardfluid Octamethyltrisiloxan (OMTS), andererseits für zwei besser angepasste Fluide. Ein automatisches Start-Stop-System und der sich daraus ergebende geringe Personalaufwand führen zudem zu geringen Betriebskosten. Dies macht das Verfahren auch für Biogasanlagen ohne eigenes Wärmekonzept interessant, deren Wirkungsgrade über die Nachverstromung der Abwärme aus den Blockheizkraftwerken durch den ORC um mehrere Prozentpunkte gesteigert werden können. Andere Arbeiten in Kooperation mit mehreren Industriepartnern widmen

sich dem Einsatz des ORC in einem regenerativ betriebenen Mini-BHWK.

Mobile Abwärmenutzung

Sind die Möglichkeiten der direkten Wärmenutzung ausgeschöpft und kommt eine Stromerzeugung nicht in Frage, so kann Abwärme in vielen Fällen doch noch außerbetrieblich genutzt werden. Seit langem bekannt ist dabei der leistungsgebundene Transport der thermischen Energie in Nah- und Fernwärmenetzen. Diese sind jedoch nicht immer sinnvoll: häufig zeigt sich, dass die teuer verlegten Rohrleitungen unflexibel im Hinblick auf Fluktuationen von Wärmeanbietern und -abnehmern sind.

Eine andere Möglichkeit, andernfalls ungenutzte Abwärme zum Verbraucher zu transportieren, erschließt sich, wenn man auf eine weitaus bes-

änderung von einem festen Material bei seinem Schmelzen aufgenommen und bei der Erstarrung der Flüssigkeit wieder abgegeben wird.

Für den Temperaturbereich der Abwärme von rund 60 °C bis 160 °C kommen hier vor allem Salzhydrate in Frage. Ihre hohe Speicherkapazität ermöglicht es, zwischen 2 und 3 MWh thermischer Energie in einem Container zu speichern. Voll beladen kann dieser nun wirtschaftlich bis zu etwa 30 km Fahrweg vom Wärmelieferanten zum Wärmekunden befördert werden. Studien zeigen, dass diese Nutzung – trotz der für den Transport benötigten Kraftstoffenergie und des verbrennungsbedingten Ausstoßes von Kohlendi-

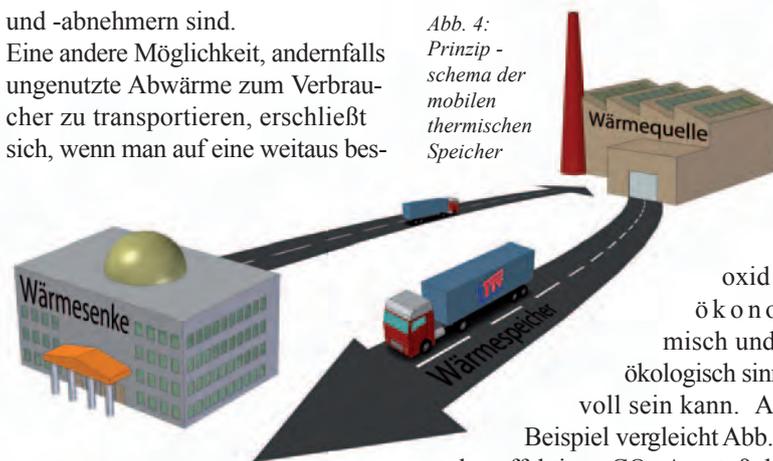


Abb. 4: Prinzip-Schema der mobilen thermischen Speicher

ser ausgebaute Infrastruktur für das Transportwesen zurückgreift – die Straße. Auf Lastkraftwagen werden 20-Fuß-Container, gefüllt mit rund 20 Tonnen Speichermaterial, von der Wärmequelle zum Abnehmer befördert (Abb. 4). Für solche Speicher ist die Aufnahmekapazität von großer Bedeutung, da die Wirtschaftlichkeit mit der Menge an thermischer Energie steigt, die mit einer Fahrt transportiert werden kann. Statt sogenannter „sensibler“ Speicher, in denen wie bei herkömmlichen Warmwasserspeichern die Temperatur des Speichermaterials erhöht wird, verwendet man für den hier betrachteten Zweck besser „latente“ Speicher. Hierbei nutzt man die Energie, die auch ohne Temperatur-

oxid – ökonomisch und ökologisch sinnvoll sein kann. Als Beispiel vergleicht Abb. 5 den effektiven CO₂-Ausstoß der mobilen Speicher mit dem rohrgebundenen Abwärmehtransport und der direkten Wärmeerzeugung mittels Gasbrennwertkessel.

Laufende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten am LTTT zielen darauf ab, die Wirtschaftlichkeit mobiler thermischer Speicher weiter zu steigern. Hierzu werden auch Konzepte mit verbesserter Wärmeübertragung sowie günstigeren Speichermaterialien verfolgt. Experimentelle Untersuchungen und numerische Simulationen des Phasenwechsels in Abhängigkeit von geometrischen und stofflichen Parametern helfen, die Vorgänge im Speicher besser zu verstehen und somit leistungsfähigere und günstigere latente thermische Speicher zu entwickeln.

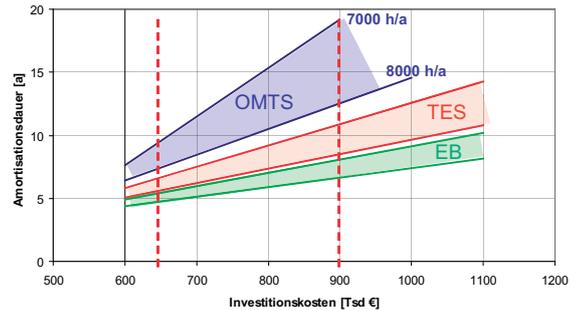


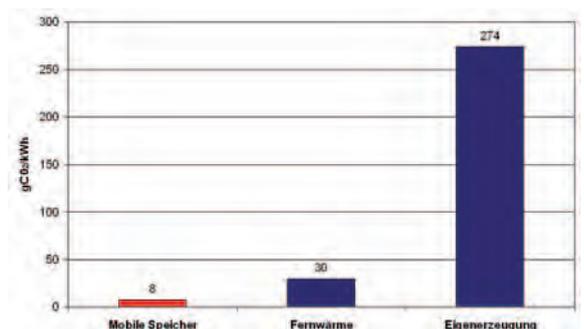
Abb. 3: Amortisationszeit für einen ORC zur Abwärmenutzung bei Einsatz der Arbeitsfluide OMTS, Tetraethylsilan (TES) und Ethylbenzol (EB) in Abhängigkeit der Investitionskosten; die gestrichelten, roten Linien markieren den Bereich heutiger Marktpreise von ORC-Modulen zur Abwärmenutzung (3000 – 4500 €/kW)

Eine Machbarkeitsstudie für den Einsatz solcher mobiler Latentwärmespeicher wird derzeit vom LTTT im Rahmen eines europäischen Forschungsvorhabens (EFRE) exemplarisch für den nordbayerischen Raum angefertigt. Weitere Anwendungen werden im Bayerischen Forschungsverbund „Energieeffiziente Technologien und Anwendungen“ (FORETA) entwickelt.

Fazit

Vor dem Hintergrund steigender Energiepreise, verschärfter Anforderungen an die Energieeffizienz und die Reduzierung der CO₂-Emission von Prozessen ist eine Rückgewinnung von Abwärme in der Industrie unerlässlich. An der Universität Bayreuth befassen sich LTTT und das daran angeschlossene Steinbeis-Transferzentrum Angewandte Thermodynamik, Energie- und Verbrennungstechnik (ATEV) intensiv mit der Nutzung dieser bisher verschwendeten Energie. Wichtige Beispiele für diese Aktivitäten sind die Stromerzeugung über den Organic Rankine Cycle und der Transport thermischer Energie mit Hilfe von mobilen Speichern.

Abb. 5: CO₂-Ausstoß durch mobile thermische Speicher im Vergleich zur direkten Wärmeerzeugung und zur Fernwärme



Feinstaub in der Luft

Partikel-Messtechnik im vielfältigen Einsatz



Mit wachsender Erkenntnis, dass kleine, lungengängige Partikel die Gesundheit gefährden, wurden EU-weit geltende Grenzwerte für Feinstäube in der Außenluft verschärft und in Gastronomiebetrieben und öffentlichen Gebäuden das Rauchen weitgehend verboten. Der Lehrstuhl für Technische Thermodynamik und Transportprozesse (LTTT) in der FAN hilft dabei, Quellen von Feinstäuben zu identifizieren, Belastungen zu quantifizieren und zu bewerten sowie Techniken zur Minderung zu entwickeln und zu erproben.

Unter den Begriffen „Feinstaub“ und „PM10“ werden Partikel zusammengefasst, deren aerodynamischer Durchmesser weniger als 10 μm beträgt. Die noch kleineren „Feinstäube“ umfassen die Partikelfraktion unter 2,5 μm Durchmesser (PM2,5) und gelten als besonders gesundheitsgefährdend. Ein am LTTT betriebener Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS) ermöglicht die schnelle größenselective Bestimmung der Partikelanzahl im Größenbereich zwischen etwa 10 nm und 1 μm (Abb. 1).

Kleinste Partikel werden als Ruß insbesondere bei Verbrennungsprozessen in Motoren und Feuerungsanlagen freigesetzt. Nicht zu vernachlässigen sind jedoch auch andere Quellen, wie z. B. der Betrieb eines Holzkohlegrills (Abb. 2



und 3). Die Partikelbelastung der Atmosphäre wird jedoch nicht nur durch Stoffe geprägt, die in fester Form oder als Flüssigkeitströpfchen freigesetzt werden. Auch Gase können durch atmosphärische Um-

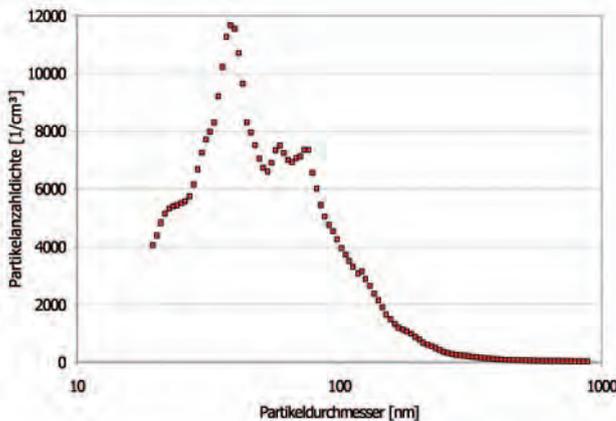


Abb. 1 (ganz oben): Einsatz des SMPS-Messsystems an einem Autobahnabschnitt

Abb. 2 (oben rechts): Verbrennungsprozesse zählen zu den wesentlichen Quellen von Feinstäuben

Abb. 3 (2. v. o.): Partikelgrößenverteilung in der Luft neben einem Holzkohlegrill

Abb. 4 (rechts.): Tagesgang der Partikelgrößenverteilung in Tiefenbach im Bayerischen Wald während hochsommerlicher Witterung

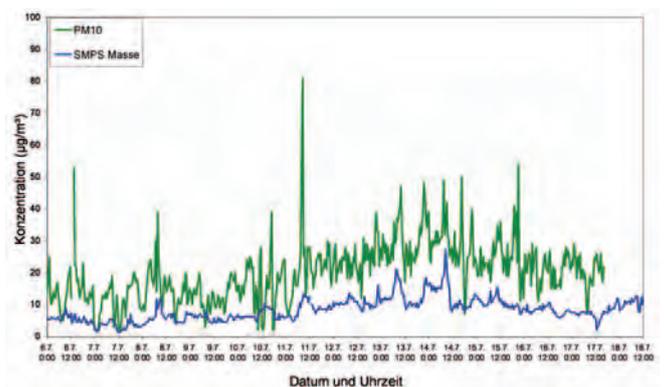
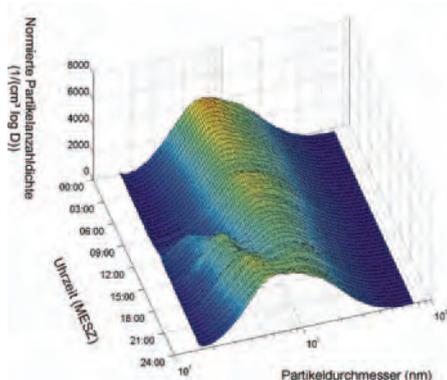


Abb. 5: Zeitlicher Verlauf vom bayer. LfU gemessener PM10-Konzentrationen und der aus SMPS-Messungen berechneten Partikelmasse an der Station Bayreuth Rathaus

messen und mindern

wandlungsprozesse sogenannte sekundäre Partikel bilden. Abb. 4 zeigt als Beispiel den zeitlichen Verlauf der Partikelgrößenverteilung während hochsommerlicher Witterung im Reinluftgebiet Tiefenbach im Bayerischen Wald. Neben einem konstanten Maximum der Größenverteilung bei ca. 100 nm in den antransportierten Luftmassen sind ab etwa 11 Uhr die Neubildung und das Wachstum sehr feiner Partikel zu beobachten. Mitursache hierfür sind von Wäldern ausgehende Emissionen biogener Kohlwasserstoffe, die aufgrund ihrer hohen chemischen Reaktivität unter dem Einfluss intensiven Sonnenlichts rasch umgewandelt werden.

Auch in Innenstädten können aus zielgerichteten Immissionsmessungen Rückschlüsse gezogen werden, in welchem Maße verschiedene Emittentengruppen zur Beeinträchtigung der Luftqualität beitragen. Aus zeitlich hoch aufgelösten SMPS-Messungen, wie sie in Abb. 5 zusammen mit halbstündigen PM10-Messdaten des bayerischen Landesamtes für Umweltschutz für die Station „Bayreuth Rathaus“ dargestellt sind, kann z.B. der Anteil des lokalen Straßenverkehrs an der Feinstaubbelastung abgeschätzt werden.

Sind die maßgeblichen Feinstaubquellen identifiziert, lassen sich diese beseitigen oder durch verbesserte Abscheidetechniken entschärfen, welche am LTTT untersucht und weiterentwickelt werden. Abb. 6 zeigt den Versuchsaufbau eines selbstansaugenden Venturiwäschers, dessen Eignung zur effektiven Abscheidung auch sehr kleiner Parti-

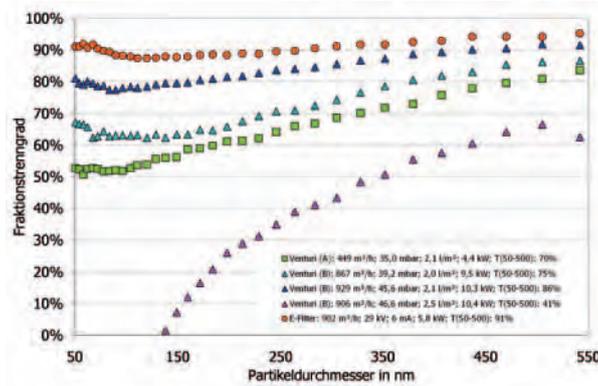


Abb. 6 (rechts): Versuchsaufbau eines selbstansaugenden Venturiwäschers zur Abscheidung von Feinststäuben
Abb. 7 (oben): Fraktionsabscheidegrade eines Elektrofilters sowie eines Venturiwäschers bei unterschiedlichen Beladungen



kel in umfangreichen Messreihen nachgewiesen wurde. Wie aus Abb. 7 hervorgeht, kann sogar die Abscheideleistung eines wesentlich teureren Elektrofilters annähernd erreicht werden, wobei allerdings ein relativ hoher Druckverlust auftritt.

In jüngerer Zeit wird verstärkt die Luftqualität in Innenräumen, insbesondere im Hinblick auf den Nicht-Um zur Versachlichung dieser Diskussion beizutragen wurde z.B. untersucht, inwieweit spezielle technische Lüftungssysteme die Luftqualität in Raucherräumen verbessern. Entsprechende Partikelmessungen wurden vom Steinbeis-Transferzentrum Angewandte Thermodynamik, Energie- und Verbrennungstechnik (ATEV), das dem LTTT angegliedert ist, in verschiedenen Räumen durchgeführt. In einer von der British American Tobacco (BAT) betriebenen Lounge in Berlin (Abb. 8) gewonnene Messergebnisse sind in Abb. 9 dargestellt. Sie zeigen, dass mit einer leistungsfähigen Lüftung bei höheren Luftwechselraten eine Verminderung der Partikelkonzentration um etwa 50 % erreicht werden kann.

Die hier dargestellten Beispiele zeigen einige Möglichkeiten der messtechnischen Erfassung kleiner Partikel; sie können leicht auch in anderen Bereichen genutzt werden. ■

Abb. 8 (unten): SMPS-Messungen von Tabakrauch in der von der British American Tobacco Germany betriebenen Dunhill-Lounge, Berlin

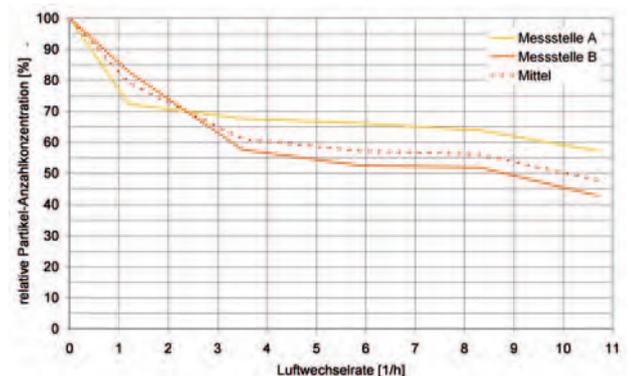


Abb. 9: Reduktion der Tabakrauch-Konzentration in Innenräumen durch leistungsfähige Ventilationsysteme in Abhängigkeit der Luftwechselrate

Gefährlicher Ruß

Bayreuther Motorzentrum entwickelt verbesserte Dieselmotoren

Das Dieselmotoren Ruß ausstoßen, ist ein seit langem bekanntes Problem. Nachdem man zunächst die pro Fahrkilometer emittierte Masse begrenzt hat, stellt man nun fest, dass die Gesundheitsgefährdung durch Rußteilchen besonders von deren Größe und darüber hinaus auch von Form und Beschaffenheit abhängt. Lehrstühle der FAN untersuchen im Bayreuth Engine Research Center (BERC) gemeinsam, wie man im und am Motor nicht nur die Menge, sondern auch die Eigenschaften von Rußpartikeln messen und sowohl durch den Verbrennungsprozess wie auch mit verbesserten Rußfiltern gezielt beeinflussen kann.

Das Grundgerüst von Rußpartikeln besteht aus Kohlenstoff-Nanostrukturen mit Größen zwischen etwa 15 nm und 200 nm. Auf diesem graphitischen Grundgerüst sind häufig weitere Substanzen, z.B. polyzyklische Kohlenwasserstoffe, angelagert. Aufgrund ihrer geringen Größe gelangen die Rußpartikel beim Menschen bis in die Alveolen und können sogar über die Luft-/Blut-Schranke hinaus vordringen.

Aktuelle Forschungsarbeiten weisen darauf hin, dass sich die Zusammensetzung und biologische Wirkung der Partikel aus neueren, rußärmeren Dieselmotoren nennenswert von denen aus älteren Motorgenerationen unterscheidet. Somit ist nicht auszuschließen, dass

heute zwar weniger, jedoch gefährlichere Rußteilchen ausgestoßen werden. Im Rahmen mehrerer Forschungsarbeiten wird im Lehrstuhlverbund BERC (Abb. 1) untersucht, wie man über motorische Parameter spezifische Eigenschaften der Partikel beeinflussen und den erreichten Stand der Technik der Rußabscheidung weiter verbessern kann.

Lasergestützte Verbrennungsdiagnostik

Um die Entstehung motorspezifischer Rußpartikel zu analysieren, werden sowohl Prüfstände für Serienmotoren (Abb. 2) wie auch spezielle, optisch zugängliche Versuchsmotoren als Versuchsträger verwendet. Die Palette der eingesetzten Messtechniken ist dabei besonders breit, um die gesamte Prozesskette von der Kraftstoffeinspritzung über die Gemischbildung bis hin zur Zündung und Verbrennung abdecken zu können. Abb. 3 zeigt ein Bild der Einspritzung von Biodiesel. Aus solchen Messungen



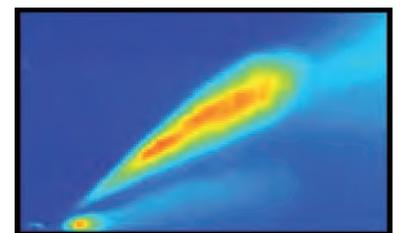
Abb. 2 (links): Ansicht eines von den BERC-Lehrstühlen für Technische Thermodynamik und Transportprozesse (LTTT) und für Funktionsmaterialien (FM) gemeinsam betriebenen Motorprüfstandes

Abb. 3 (rechts): Bestimmung der Flüssigphasen-Eindringtiefe und der Spraygeschwindigkeit bei der Einspritzung von Biodiesel anhand der Mie-Streuung durch Tropfen



Abb. 1: Im Bayreuth Engine Research Center (BERC) bündeln mehrere Lehrstühle der FAN ihre Kompetenzen rund um den Motor

des Mie-Streulichts der Tropfen können Eindringtiefe und Geschwindigkeit des Kraftstoffsprays bestimmt werden. Mittels laserinduzierter Exciplex-Fluoreszenz (Abb. 4) wird darüber hinaus die für die Verbrennung wichtige zeitliche und räumliche Variabilität des Verhältnisses von Kraftstoff und Verbrennungsluft ermittelt.



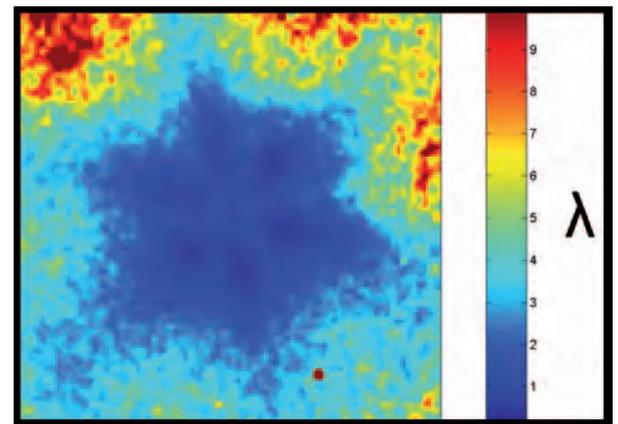
Physikalische und chemische Analyse von Rußpartikeln

Zur Bestimmung der Eigenschaften der bei unterschiedlichen motorischen Betriebszuständen entstehenden Rußpartikel werden diese nach dem Austritt aus dem Motor über Filter abgeschieden und physikalisch-chemischen Analysen unterzogen. Größe und exakte Struktur der Rußpartikel werden anhand der hochauflösenden Transmissions-Elektronenmikroskopie (HR-TEM) erfasst (Abb. 5). Mittels Thermogravimetrie werden Aussagen über die Oxidationsbeständigkeit und die Kinetik der Rußoxidation abgeleitet. Diese Parameter spielen eine wesentliche Rolle sowohl im Hinblick auf gesundheitliche Wirkungen von Partikeln als auch in technischer Hinsicht – etwa bei der gezielten Veränderung motorischer Parameter und dem Einsatz von Rußpartikelfiltern.

Sensorik und Abgasnachbehandlung

Mit der Kenntnis über Rußeigenschaften und deren Beeinflussung lassen sich neue Sensoren für den Abgasbereich und Konzepte für Abgasnachbehandlungssysteme entwickeln. Geeignete Rußsensoren

sollen beispielsweise darüber Aufschluss geben, wie sich die Rußbelastung im Abgas über die Zeit ändert (Abb. 6). Mit dieser Information und den Erkenntnissen aus der Verbrennungsdiagnostik kann dann optimierend in die Motorsteuerung eingegriffen werden. Mit dem Wissen über die Oxidationskinetik des Rußes lässt sich vor allem die kraftstoffintensive Regeneration, also der Abbrand, von Rußpartikelfiltern und damit der Verbrauch moderner „Low-Emission“-Fahrzeuge weiter senken. Weiterhin können mit einem geeigneten Sensor die Forderungen nach der On-Board-Diagnose (OBD) erfüllt werden, in dem eine mögliche Fehlfunktion des Partikelfilters während des Betriebs erkannt und gemeldet wird.



Interdisziplinäre Forschung und Entwicklung

Die Vielschichtigkeit der Fragestellungen rund um die Entstehung, Charakterisierung, Minderung und Wirkung des Rußes lässt sich nur durch interdisziplinäre Forschung und Entwicklung sinnvoll behandeln. Einen wichtigen Ansatz in

Abb. 4: Mit laserinduzierter Exciplex-Fluoreszenz gemessene Verteilung des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses (λ) in einer Brennräumebene

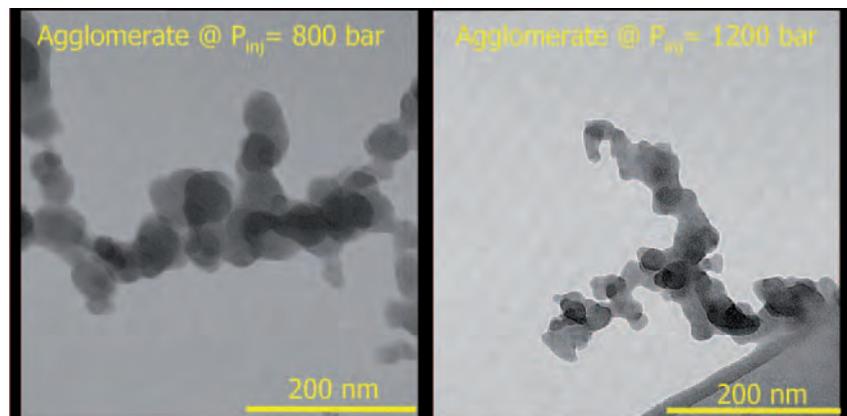


Abb. 5: Aufnahmen von Rußpartikel-Agglomeraten aus kleinen Primärpartikeln bei verschiedenen Diesel-Einspritzdrücken (P_{inj}); Hauptmerkmal sind hier die unterschiedlich großen Primärpartikel, die die spezifische Oberfläche des Rußes beeinflussen



diese Richtung stellt das Bayreuth Engine Research Center (BERC) dar, in dem mehrere Lehrstühle ihr Know-How zusammenführen und Prüfstände und Messgeräte gemeinsam nutzen. ■

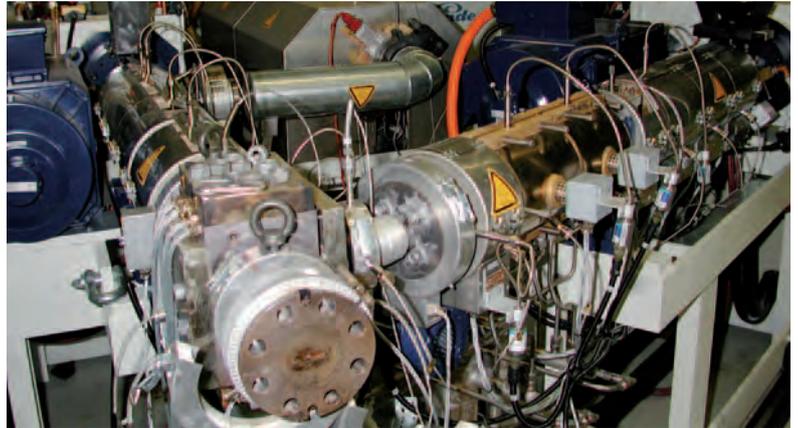
Abb. 6: Sensor zur Rußdetektion im Abgas nach einem Testlauf am Motorprüfstand; der 5 mm breite Prototyp ist in keramischer Mikrosystemtechnik hergestellt

Marieluise Stumpf

Recyclebare Polymere – Materialien mit Zukunft

Lehrstuhl erweitert seine Expertise

Recyclebare Polymere – das sind Kunststoffe, die durch einen innovativen Prozess nach dem Einsatz recycelt werden können. Hauptanwendung finden derartige Materialien derzeit vor allem im Lebensmittel-Bereich, wo sie unter anderem in Stadien als Becher verwendet werden. Die Becher werden nach der Verwendung im Stadion wieder eingesammelt und recycelt. Diese Materialien können jedoch auch auf vielfältige Weise für andere Anwendungen verwendet werden.



*Abb. 2:
Extruder zur Herstellung von Polymeren Schäumen, vgl. auch Abb. 1, Mitte*

Verschiedene Firmen beschäftigen sich schon seit Jahren mit innovativen Recycling-Prozessen, so wurden, abgestimmt auf das zugrundeliegende Polymer, Prozesse entwickelt, bei denen diese nach Verwendung aufgelöst werden und anschließend wieder ausgefällt werden können. Durch anschließende Abtrennung und Trocknung erhält man erneut das nun wieder saubere Ausgangsmaterial. Dieses kann wieder problemlos zu neuem Cateringgeschirr oder Dämmmaterialien verarbeitet werden.

Ein aktuelles Projekt des Lehrstuhls Polymere Werkstoffe, das von der Oberfrankenstiftung gefördert wird, beschäftigt sich mit dem Schäumen recyclebarer Polymere. Polymere Schäume finden immer häufiger Anwendung in Bereichen, in denen es auf Gewichtseinsparung, aber

auch auf thermische oder akustische Isolierung ankommt. Auch im Lebensmittelbereich bieten geschäumte Verpackungen hinsichtlich der thermischen Isolierung Vorteile. Dabei ist es auch bei dieser Anwendung von Vorteil, wenn der Schaumstoff nach seiner Nutzung wieder problemlos recycelt werden kann. Ziel des Projektes ist es unter anderem neue Anwendungsbereiche zu finden und geeignete Verarbeitungsprozesse zu entwickeln.

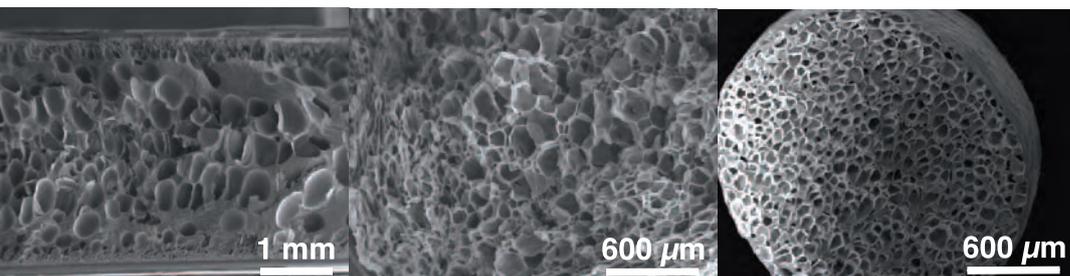
Der Lehrstuhl Polymere Werkstoffe beschäftigt sich schon seit Jahren mit der Entwicklung von Polymerschäumen (siehe Abb. 1), und kann mit diesem Projekt seine Expertise im Hinblick auf das Schäu-

men von recyclebaren Polymeren erweitern.

Bisher wurden am Lehrstuhl vor allem umfangreiche Untersuchungen im Bereich des Extrusions-schäumens und Schaumspritzgießens durchgeführt, seit einem Jahr geht der Trend auch in Richtung Herstellung neuer Partikelschäume

Damit werden die Kompetenzen in Bayreuth in diesem Bereich weiter ausgebaut, da sich bisherige Aktivitäten auf die Verarbeitung von EPP, und dabei vor allem auf Möglichkeiten zur Energieeinsparung bei der Formteilherstellung beschränkt haben. Für das geplante Projekt sollen diese Polymere auf den vorhandenen Anlagen extrusionsgeschäumt werden (Abb. 2). Durch das aktuelle Projekt kann somit die Prozesskette von der Herstellung eigener Partikel bis zur Herstellung fertiger Formteile auf der Basis eines recyclebaren Kunststoffes entwickelt und untersucht werden. ■

*Abb. 1:
Alle drei Bilder zeigen durch unterschiedliche Prozesse hergestellte Polypropylenschäume. Im Vergleich sieht man schaum-spritzgegossenes PP, extrusionsgeschäumtes PP und einen geschäumten PP-Partikel.*



Brennstoffzellen brennen nicht durch Lebensdauerrekord mit Mathematik

Hochtemperatur-Brennstoffzellen-Anlagen sind umweltfreundliche Energielieferanten, können sogar den nötigen Wasserstoff intern produzieren und liefern nicht nur Strom, sondern auch Abwärme. Hohe Temperaturschwankungen führen jedoch zu Materialermüdungen und verkürzen ihre Betriebszeiten. Mit Hilfe von innovativen mathematischen Methoden der Optimalen Steuerung kann ein Durchbrennen von Brennstoffzellen verhindert werden.

Brennstoffzellen besitzen wegen ihrer Effizienz und der niedrigen Schadstoffemissionen ein hohes Zukunftspotenzial. Unter den unterschiedlichen Brennstoffzellensystemen nehmen die so genannten Schmelzcarbonat-Brennstoffzellen eine Sonderrolle ein. Sie sind nämlich für die gleichzeitige Erzeugung von elektrischem Strom und Nutzwärme (bzw. Nutzkälte) in stationären Heizkraftwerken (300 – 500 kW) geeignet. Dies liegt an ihrer Betriebstemperatur von ungefähr 650°C. Diese Temperatur ist einerseits nicht zu hoch, so dass die elektrochemischen Umsetzungen an den Elektroden ohne teure Spezial-Katalysatoren ablaufen. Nickel ist ausreichend um die Brennstoffzellenreaktionen anzustoßen. Sie ist

andererseits aber auch hoch genug, so dass aus konventionellen Brenngasen (z. B. Erdgas, aber auch Deponie- oder Biogas) der benötigte Wasserstoff in der Brennstoffzelle selbst hergestellt werden kann. Diese Fähigkeit zur sogenannten internen Reformierung macht diesen Brennstoffzellentyp unabhängig vom Aufbau einer breiten Wasserstoffversorgung. Wasserstoff, der Brennstoff für alle Brennstoffzellen, kommt nämlich in der Natur nicht in reiner Form vor.

Als weltweit erstes Brennstoffzellensystem dieser Art erreichte der HotModule am Magdeburger Universitätsklinikum im Mai 2006 eine Rekord-Betriebsdauer von 30.000 Stunden und demonstrierte damit,



Abb. 1:
HotModule im Bau:
Einbau des Brennstoffzellenstapels

dass diese Technologie auf dem besten Weg zur wirtschaftlichen Nutzung ist. Diese HotModule genannte Brennstoffzellenanlage des Herstellers MTU CFC Solutions GmbH wurde 2002 im Kraftwerk des Universitätsklinikums der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg von der IPF Heizkraftwerksbetriebsgesellschaft mbH in Betrieb genommen - im Rahmen eines vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Feldversuchs.

Der Betrieb der Anlage wurde parallel dazu von Forschern der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und des Max-Planck-Institutes für Dynamik komplexer technischer Systeme in Magdeburg sowie des Lehrstuhls für Ingenieurmathema-

Abb. 2:
HotModule des
Magdeburger
Universitätsklinikums



Brennstoffzellen brennen nicht durch – Lebensdauerrekord mit Mathematik

tik der Universität Bayreuth wissenschaftlich begleitet, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Ziel war die Entwicklung neuer Regelungsstrategien für Brennstoffzellensysteme.

Aus der Sicht der beteiligten Wissenschaftler gestaltete sich die Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie bei diesem Projekt einzigartig und idealtypisch: Die industriellen Kooperationspartner gewährten den beteiligten Wissenschaftlern freien Zugang zur Anlage und ermöglichten die Erfassung der relevanten Messdaten über das Prozessleitsystem.

Mit diesem Forschungsprojekt bot sich die Möglichkeit, neue Werkzeuge für eine weitere grundlegende Brennstoffzellenforschung zu entwickeln. Der Weg für leistungsfähigere Brennstoffzellen mit längeren Laufzeiten wurde geebnet. Zudem sind im Zuge dieses Projektes erhebliche Erfolge in der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses zu verzeichnen: Die Vorlesung zum Thema Brennstoffzellensysteme fand unmittelbar

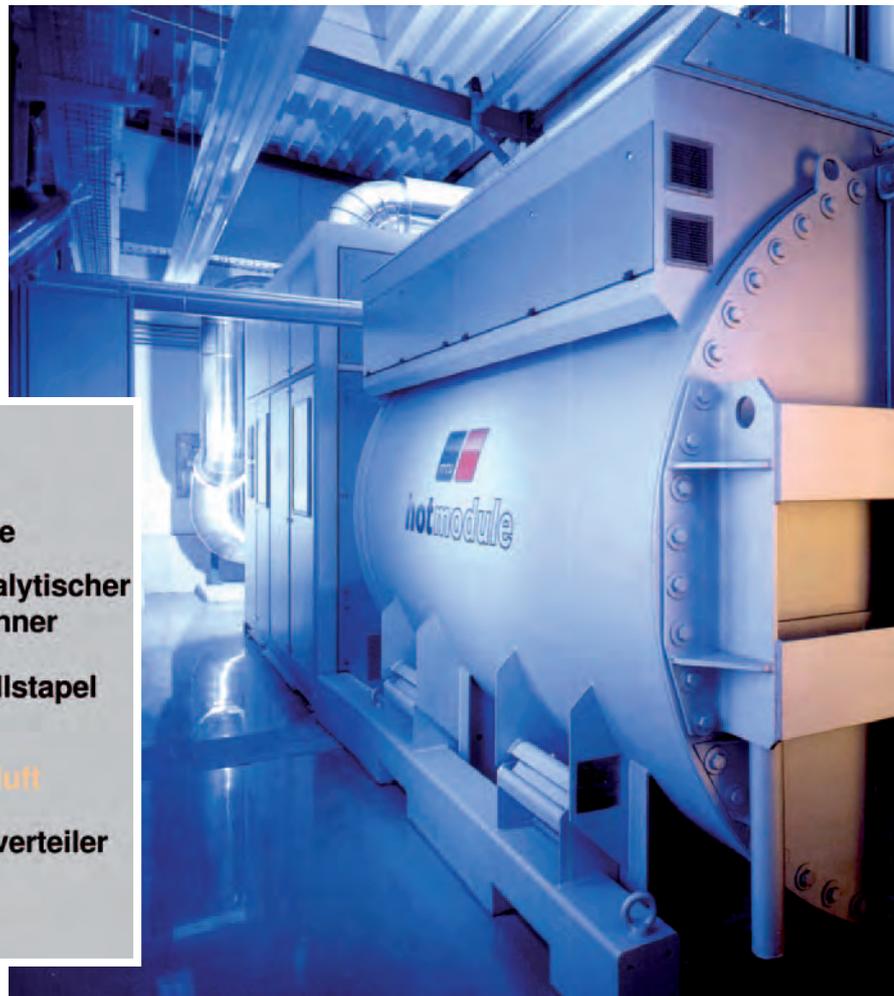
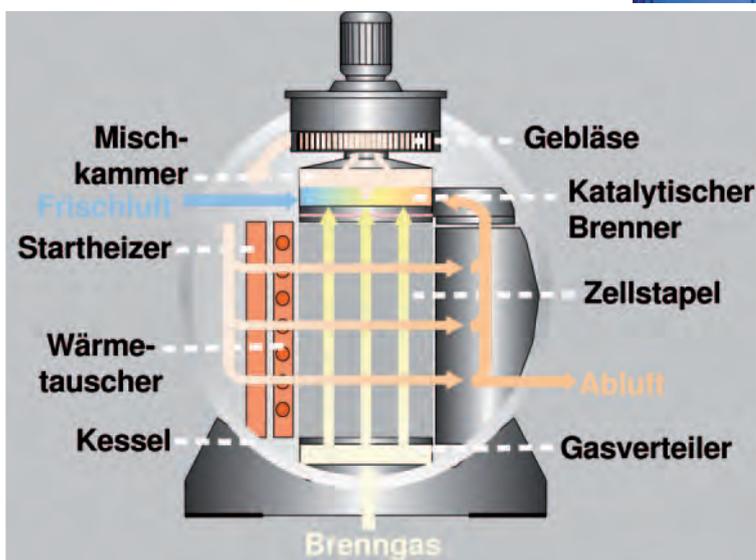
neben der HotModule-Anlage statt. Zahlreiche interdisziplinäre Diplomarbeiten, Promotionen und Habilitationen wurden an den beiden Universitätsstandorten erfolgreich abgeschlossen.

Darüber hinaus erwies es sich sowohl für den Hersteller MTU CFC Solutions GmbH, als auch für die Partner aus der Wissenschaft als ein glücklicher Umstand, mit Herrn Dr.h.c. Joachim Berndt, Senior Chef der IPF Heizkraftwerksgesellschaft Magdeburg, einen engagierten, technologischen Vorreiter mit unternehmerischer Initiative und Durchsetzungskraft getroffen zu haben, um dieses Vorhaben umzu-

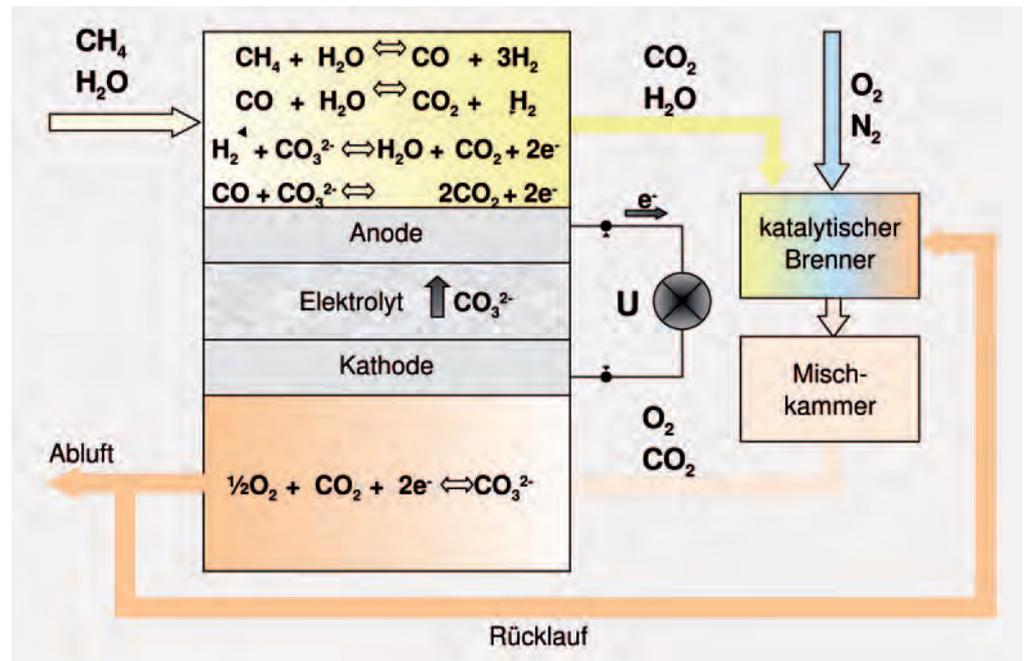
setzen. Der Betrieb der Brennstoffzellenanlage HotModule war und ist ein wichtiger Meilenstein zu einem ausgereiften, umweltfreundlichen System.

Aus Sicht der Mathematik stellen sich folgende Fragestellungen: Schmelzcarbonat-Brennstoffzellen können, wie gesagt, Erdgas in Wasserstoff umwandeln und daraus thermische und elektrische Energie mithilfe elektrochemischer Reaktionen gewinnen. Bei der Analyse und der Steuerung der physikalisch-chemischen Abläufe innerhalb der Zelle müssen die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Komponenten der Brennstoffzelle bei

Abb. 3:
Funktionsweise
des HotModules



hohen Temperaturen verstanden und vorhergesagt werden können. Dazu ist eine formale Beschreibung der zeitlichen Entwicklung der Gasströme, der Temperaturen und der elektrischen Spannung in Abhängigkeit der intern stattfindenden elektrochemischen Reaktionen auf dem örtlich verteilten Gebiet der Brennstoffzelle erforderlich. Das resultierende mathematische Gleichungssystem besteht aus einer parabolischen Gleichung für die Wärmeleitung im Elektrolyten der Zelle sowie hyperbolischen Transportgleichungen für den reaktiven Gastransport. Die Potentialfelder werden in jedem Ortspunkt durch ein differential-algebraisches Gleichungssystem beschrieben.



Darüber hinaus gehen in die rechten Seiten der Differentialgleichungen Integralterme ein. Der Gasstrom zwischen Anode und Kathode wird über einen katalytischen Nachbrenner und eine Mischkammer geführt, sodass die Verknüpfung von Anode zu Kathode durch ein gewöhnliches differential-algebraisches Gleichungssystem beschrieben wird. Die Einlassbedingungen am Anodeneingang und am Lufterlass bieten die Möglichkeit der Steuerung der Brennstoffzelle.

Damit sind numerische Simulationen und extrem zeitaufwändige optimale Steuerungen, z.B. eines Lastwechsels, möglich, die den Brennstoffzellenstapel optimal von einem stationären Zustand in einen anderen überführen, wenn sich die Anforderungen zur Stromerzeugung an das Brennstoffzellensystem schlagartig ändern. Die numerischen Resultate belegen die Leistungsfähigkeit moderner Methoden der Optimalen Steuerung. Insbesondere konnten durch geschickte Wahl der zu optimierenden Größen abrupte Änderungen der

Temperatur innerhalb der Brennstoffzelle vermieden werden, die zu kostspieligen Materialermüdungen bis hin zum Durchbrennen des Zellenstapels führen können.

Damit sind wir in einem hochaktuellen Forschungsgebiet der Mathematik angekommen, der Optimalen Steuerung von dynamischen Prozessen, die mithilfe partieller Differentialgleichungen beschrieben werden. Ohne Zweifel stellt das mathematische Modell des HotModules eines der kompliziertesten optimalen Steuerungsprobleme bei partiellen Differentialgleichungen dar – immerhin sind es 28 nichtlinear gekoppelte partiell differential-algebraische Gleichungen gemischten Typs.

Erst kürzlich erschien dazu ein Artikel der Bayreuther Ingenieurmathematiker Hans Josef Pesch, Kurt Chudej und deren ehemalige Doktorandin, Frau Dr. Kati Sternberg, jetzt Merz Pharmaceuticals, Frankfurt, im renommierten SIAM (Society for Industrial and Applied Mathematics) Journal on Applied Mathematics. ■

Abb. 5:
Funktionsweise
des HotModules

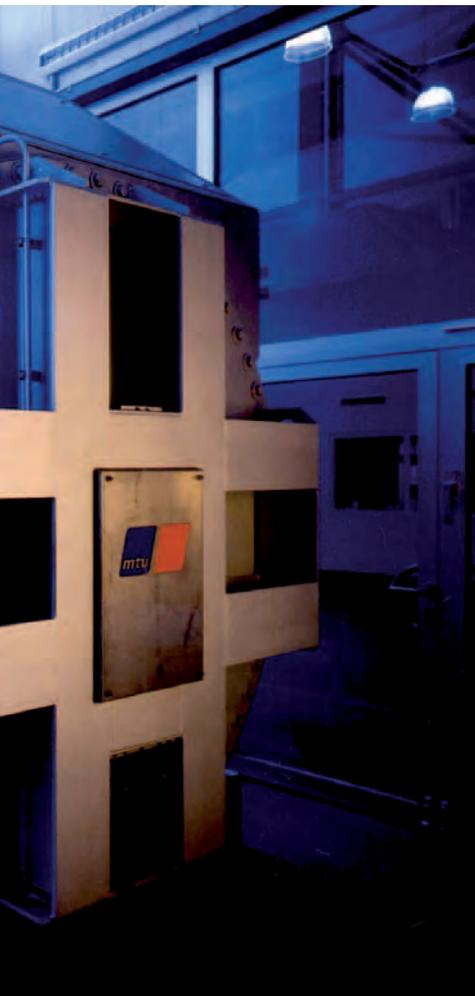


Abb. 4: HotModule des Magdeburger Universitätsklinikums

Strom aus Plastik

Bayreuther Forscher arbeiten an effizienten

Unter „Strom aus Plastik“ versteht man die Sonnenenergieumwandlung mit Hilfe von Polymersolarzellen. Hier werden die Funktionsweise, die Materialanforderungen und diverse Konzepte der organischen Solarzellen beschrieben. Im Gegensatz zu anorganischen Halbleitern werden in organischen Materialien unter Beleuchtung keine freie Ladungsträger erzeugt, sondern Elektronen-Loch Paare. Diese sollen zunächst getrennt und zu den Elektroden abtransportiert werden, um effiziente Solarzellen aus Kunststoff zu bekommen.

Elektronische Bauelemente und besonders Solarzellen aus organischen Materialien haben in der letzten Zeit aufgrund ihres Potenzials in der günstigen Herstellung, der Anwendung auf großen Flächen und der Verträglichkeit mit flexiblen Substraten immer mehr Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Im Gegensatz zu anorganischen Halbleitern werden in organischen Materialien

unter Beleuchtung keine freie Ladungsträger erzeugt, sondern es entstehen Elektronen-Loch Paare, die Exzitone genannt werden. Diese Exzitone müssen, um getrennt zu werden und zu den Elektroden zu gelangen, eine Donor -Akzeptor-Grenzfläche (D-A) erreichen. Ungünstigerweise können Exzitone nur einige zehn Nanometer zurücklegen, bevor sie rekombinieren. Diese Weglänge wird als Exzitonendiffusionslänge bezeichnet.

Damit alle Exzitone die D-A-Grenzfläche erreichen können, ist eine sehr dünne Absorptionsschicht notwendig. Im Gegensatz dazu liegt die optische Absorptionslänge (die notwendige Schichtdicke für maximale Absorption) im Bereich einiger hundert Nanometer. Für eine

effiziente Solarzelle wird deshalb eine dicke Absorptionsschicht benötigt, die dann aber mit der sehr kurzen Exzitonendiffusionslänge nicht mehr verträglich ist. Um dieses Problem zu lösen, wurde die ursprüngliche Doppelschicht solarzelle weiterentwickelt durch die Einführung des Konzepts einer Multischicht solarzelle und durch das der 'bulk heterojunction' von D-A (Abb. 1). Ein 'bulk heterojunction' kann im einfachsten Fall durch das Blenden von D und A erreicht werden.

Aber in Polymer -Polymer-blends findet normalerweise eine Makrophasenseparation statt, die den Wirkungsgrad der Ladungstrennung und somit den Gesamtwirkungsgrad einer Solarzelle begrenzt. Die Na-

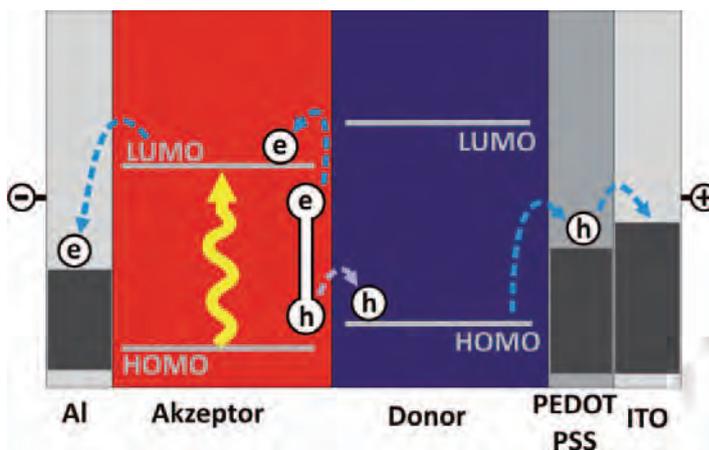
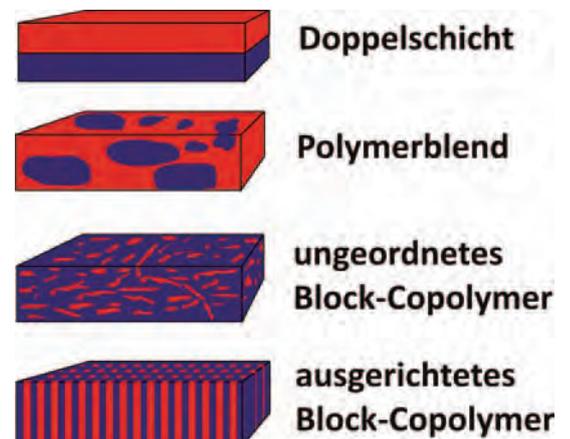


Abb. 1:
a) Die physikalischen Prozesse einer Donor-Akzeptor-Doppelschicht solarzelle. Durch die Absorption von Licht werden Exzitone erzeugt, die in alle Richtungen diffundieren. Der Anteil, der die D-A-Grenzfläche erreicht, kann in freie Ladungen getrennt werden, dabei wandern die Elektronen in das LUMO des Akzeptors und die Löcher in das HOMO des Donors. Anschließend werden die Ladungen zu den jeweiligen Elektroden (Al und ITO) abtransportiert. b) Schematische Darstellung einer Polymersolarzelle.

Abb. 2:
Verschiedene Architekturen der aktiven Schicht zur Erzeugung von D-A-Grenzflächen für die Ladungstrennung.



Solarzellen aus Kunststoff

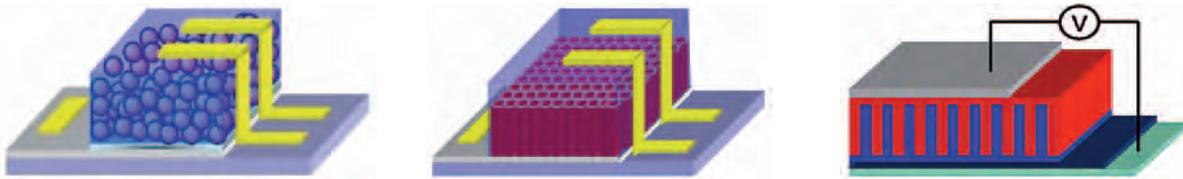


Abb. 3:
Die nach der
Herstellungsart
eingeordneten Typen
der organischen und
Hybridsolarzellen.

(links) Farbstoff/TiO₂-
Feststoffsolarzelle,
(mitte) TiO₂-Nano-
rohrsolarzelle,
(rechts) Blockco-
polymersolarzelle

nostrukturierung von 'bulk hetero-junction' wäre eine geeignete Lösung dieses Problems, weil sie die notwendige Perkolationspfade für den Abtransport der Ladungen bietet.

Blockcopolymeren, in denen zwei Polymere mit angepassten elektronischen Eigenschaften (Donor- und Akzeptorblock) kovalent verknüpft sind, können durch Selbstorganisation 'nanostrukturierte bulk hetero-junction' erzeugen. Das Wechselspiel der kovalenten Verknüpfung und der Unmischbarkeit der beiden Blöcke führt zu einer spontanen Bildung geordneter Mikrophasen im Bereich molekularer Größenordnungen. Damit kann das Problem des Exzitonentransports zu der D-A-Grenzfläche gelöst werden (Abb. 2). Vor dem Hintergrund des enormen Potentials für Anwendungen in der Nanotechnologie waren die Grundlagen zur Selbstorganisation von Blockcopolymeren in dünnen Filmen im letzten Jahrzehnt Bestandteil zahlreicher Studien. Der eindeutige Vorteil der Blockcopolymeren bei der Anwendung in einigen elektronischen Bauteilen aus organischen Materialien wurde bereits erkannt, aber eine Anwendung in Solarzellen steckt immer noch in den Kinderschuhen.

In der Arbeitsgruppe, Angewandte

Funktionspolymere, werden diverse wissenschaftliche Aspekte dieses Themas genau unter die Lupe genommen. Dabei werden neue Materialien synthetisiert, völlig neue Konzepte zur Donor-Akzeptor-Heterojunction entwickelt und die Mesostrukturbildung in komplexen Blockcopolymerensystemen untersucht. Dabei werden Prototypsolarzellen hergestellt und charakterisiert, um Struktur-Eigenschafts-Beziehung zu erlangen.

Eine Alternative zum rein organischen System sind Hybridmaterialien aus anorganischen und organischen Halbleitern. Hierbei werden meistens Breitbandhalbleiter-Metalloxide als n-typ Halbleiter (Akzeptor) und organische Moleküle oder Polymere als Donormaterial verwendet. Die gewünschte D-A-Grenzfläche und Ladungstransportpfaden können in diverser Art erzeugt werden, wie in Abb. 3 dargestellt. Bei den Farbstoff/TiO₂-Feststoffsolarzellen, wird eine poröse TiO₂-Schicht (hergestellt aus TiO₂-Nanokristallen) mit Farbstoff sensibilisiert und anschließend die Poren mit Feststofflochleitern gefüllt und kontaktiert. Für die Herstellung von TiO₂-Nanorohrsolarzellen werden auf ein Substrat senkrecht ausgerichtete TiO₂-Nanoröhren statt TiO₂-Nanokristallen verwendet. Diese beiden Systeme gehören zu Hybridsolarzellen und

beide, der Farbstoff und der Lochleiter, können entweder niedermolekulare oder polymere Verbindungen sein. In der Angewandten Funktionspolymeregruppe werden Hochleistungsmaterialien für diese Funktionen maßgeschneidert entwickelt und getestet. Anders als bei den Hybridsolarzellen, liegt bei der Blockcopolymerensolarzellen der Schwerpunkt auf der Entwicklung neuer multifunktionaler Polymermaterialien mittels moderner Polymerisationsmethoden. In den letzten 3 Jahren ist es uns gelungen, konjugierte Polymersegmente, die sehr gute Ladungstransporteigenschaften besitzen, in Blockcopolymeren zu integrieren und daraus effiziente Polymersolarzellen herzustellen. ■

Prof. Dr.
Mukundan
Thelakkat



Angewandte Funktionspolymere,
Makromolekulare Chemie I, UBT.
Kontakt-E-mail:
mukundan.thelakkat@uni-bayreuth.de

Reaktive Reststoffe fangen

Lehrstuhl für Hydrologie untersucht

Bei der Verbrennung von Energieträgern wie Steinkohle, Braunkohle oder Biomasse entsteht das klimawirksame Gas CO_2 . Daneben fallen aber auch sogenannte alkalisch reagierende Reststoffe an, beispielsweise Filter- oder Bettaschen. Im ALCATRAP-Projekt untersucht der Lehrstuhl für Hydrologie der Universität Bayreuth die Eignung und das Bindungsvermögen dieser Abfallmaterialien zur Festlegung von CO_2 .

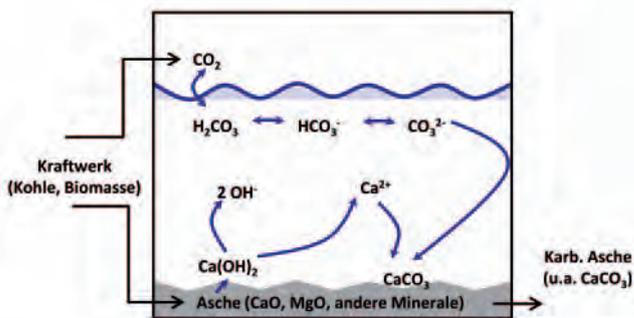


Abb. 1: Schematische Darstellung der CO_2 -Bindung im ALCATRAP-Verfahren. CO_2 und Asche aus der Verbrennung von Kohle, Biomasse oder Hausmüll werden zur Reaktion gebracht, wobei CO_2 in Form von Karbonat-Mineralen gebunden wird.

Die Begrenzung der CO_2 -Emissionen als Beitrag zum Klimaschutz gehört zu den wichtigen Vorhaben der Bundesregierung im Bereich Energie und Umwelt. Das ALCATRAP-Projekt (ALcaline CARbon TRAPPING), Start 2008 im Rahmen des Geotechnologien-Programms des BMBF, beschäftigt sich mit einem technischen Verfahren zur Bindung von CO_2 aus Kraftwerksrauchgasen. Im Gegensatz zu anderen Ansätzen, die sich mit der Abtrennung und anschließenden Verbringung von reinem CO_2 in geologische Formationen beschäftigen, wird im ALCATRAP-Mechanismus CO_2 -haltiges Rauchgas direkt am Kraftwerk mit sogenannten alkalischen Reststoffen (z. B. Verbrennungaschen) zur Reaktion gebracht (Abb. 1). Es bilden sich mineralische Karbonat-Festphasen (z. B. CaCO_3), die über lange Zeit-

räume stabile Senken für CO_2 darstellen. Ziel des ALCATRAP-Verbandes zwischen dem Lehrstuhl für Hydrologie der Universität Bayreuth, der Fachhochschule Nürnberg und dem Verfahrenstechnikunternehmen RVT Process Equipment ist die Optimierung des CO_2 -Bindungsprozesses für verschiedene Reststoffe und Reaktionsbedingungen sowie der Betrieb eines Pilot-systems unter Kraftwerksbedingungen.

Einsetzbare Rohstoffe und Produkte

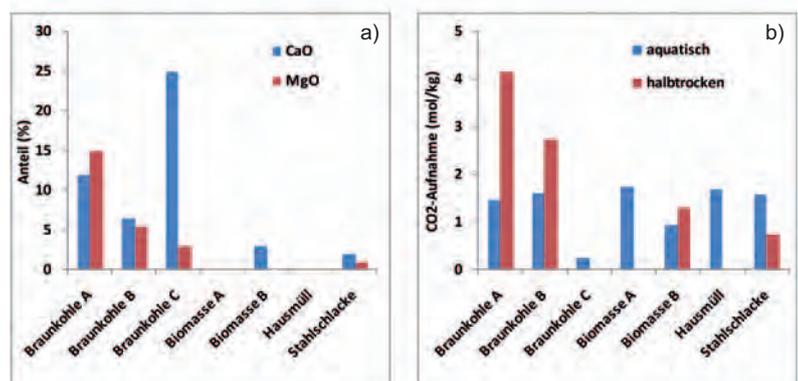
Entscheidend für das Vermögen zu einer schnellen CO_2 -Bindung ist der Mineralbestand in den eingesetzten alkalischen Materialien. Bei den niedrigen Drücken und Temperaturen im ALCATRAP-Verfahren sind besonders Materialien mit einem hohen Anteil an reaktiven Oxiden (CaO , MgO) zur CO_2 -Bindung geeignet (Abb. 2). Dazu gehören bei-

spielsweise Aschen aus der Verbrennung von Braunkohle. Aber auch andere alkalische Reststoffe mit geringerem CaO -Anteil haben ihr CO_2 -Bindungsvermögen im Labor unter Beweis gestellt. Aschen aus der Biomasse- oder Hausmüll-verbrennung oder Schlacken aus der Stahlherstellung enthalten Mg -Phasen oder Ca -haltige Silikate, die vermutlich zur Fixierung von CO_2 beitragen. Während der Reaktion wird das zugeführte CO_2 in Form von Karbonat mit Ca bzw. Mg ausgefällt und damit dauerhaft festgelegt. Neben anthropogenen Abfallstoffen enthalten auch natürliche Gesteine alkalisch reagierende Minerale. Diese weisen allerdings eine geringe Reaktivität unter atmosphärischen Bedingungen auf und erfordern zudem Abbau, Aufbereitung und Transport, weshalb sie für das ALCATRAP-Verfahren nicht geeignet.

Optimale Reaktionsbedingungen

Die Reaktionsbedingungen während der Behandlung von Reststoffsuspension mit CO_2 -Gas spie-

Abb. 2: Verschiedene alkalische Reststoffe: a) Ca -/ Mg -Oxid-Anteil, b) CO_2 -Aufnahme innerhalb von 2 h bei unterschiedlichen Fest-/Flüssig-Verhältnissen



CO₂ aus Kraftwerksabgas

Eignung und Bindungsvermögen

len eine wichtige Rolle für die Geschwindigkeit der Bindung und die erreichbare Aufnahme. Das Vorläuferprojekt CO₂-Trap hat gezeigt, dass Mineralauflösung, CO₂-Nachlieferung und Karbonat-Fällung die Gesamtreaktion kontrollieren. Die dort gefundenen hohen Reaktionsraten und CO₂-Bindungskapazitäten haben sich im Rahmen des ALCATRAP-Projekts für verschiedene Reststoffe und vor allem auch für geringe Fest/Flüssig-Verhältnisse bestätigt (Abb. 2 b). Diese Erkenntnisse sind wichtige, positive Voraussetzungen für eine Anwendung auf industrieller Skala und liefern neue Ansätze, wie das Design und der Betrieb der Pilotanlage optimiert werden kann.

Von Labor zum Pilot

Der wichtigste Baustein des ALCATRAP-Projektes ist der Aufbau und Betrieb einer Pilotanlage zur CO₂-Bindung. Diese wurde von RVT Process Equipment im Sommer 2009 am Biomassekraftwerk des Gewerbeparks Natur und Energie in Rednitzhembach gebaut. Das System basiert auf Komponenten aus der nassen Gaswäsche (Abb. 3). In Wasser suspendiertes alkalisches Reststoffmaterial wird mit CO₂-haltigem Rauchgas an einer großen benetzbaren Oberfläche zur Reaktion gebracht. Der rasche Austausch zwischen Gas-, Flüssig- und Festphase ermöglicht eine effiziente, schnelle CO₂-Bindung. Die ersten Tests an der Pilotanlage durch die Ohm-Hochschule Nürnberg waren erfolgreich. Derzeit wird an der Optimierung der Prozessbedingungen,

der Verfahrenstechnik und der abschließenden Entwässerungsschritte gearbeitet.

Potenzial, Sicherheit, Anwendung

Die verschiedenen alkalischen Reststoffe zeigten je nach Prozessbedingungen eine Aufnahme-Kapazität von 50 – 200 mg CO₂ kg Asche. Je nach Art des Brennstoffs, anfallender Aschemenge und Reststoffzusammensetzung lassen sich in einem internen Kreislauf nach den bisherigen Erkenntnissen damit rund ein Prozent des z. B. in einem Braunkohlekraftwerk entstehenden CO₂ wieder binden. Deutschlandweit fallen jährlich mehr als 10 Mio. t Aschenmaterial an, die zu einem großen Anteil ungenutzt deponiert werden. Insgesamt ist die Menge an im ALCATRAP-Verfahren fixierbaren CO₂ jedoch durch das Gesamtaufkommen an alkalischen Reststoffen limitiert. Zusätzliches alkalisches Material bedeutet auch höhere CO₂-Bindung, mögliche andere Quellen dafür sind beispielsweise Stahlschlacken. Ist ein solches Material bei geringem finanziellem und energetischem Aufwand verfügbar lässt es sich auch effizient einsetzen.

Anders als bei der Verpressung von CO₂ in geologische Formationen kann man für das ALCATRAP-Verfahren der mineralischen CO₂-Abscheidung eine Gefährdung der Umwelt durch CO₂-Gas ausschließen und von einer langfristigen Festlegung ausgehen. Dafür stellen sich Fragen die für eine Verwertung oder

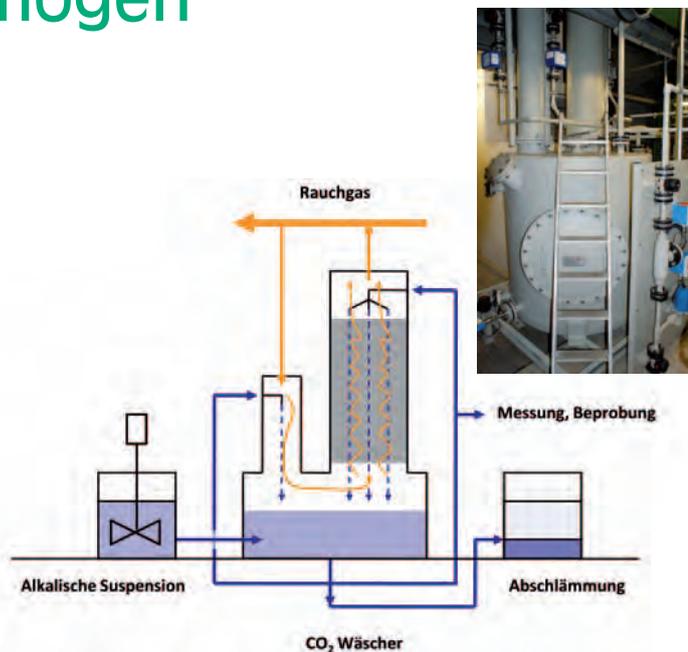


Abb. 3:
Schematische Darstellung und Bild der CO₂-Wäscher-Pilotanlage in Rednitzhembach

Deponierung des karbonatisierten Produkts wichtig sind. Sprich: Besitzt ein solches Material Eigenschaften die einen Einsatz als Zuschlagsstoff in der Bauindustrie ermöglichen? Erleichtert die Karbonatisierung die Deponierung des Materials bzgl. Deponiestandsicherheit oder Grundwassergefährdung? Ein zusätzlicher Mehrwert in diesem Bereich wird dem ALCATRAP-Verfahren sicher einen Schub geben, selbst wenn andere Verfahren eine höhere CO₂-Abscheideleistung versprechen.

Insgesamt scheint eine technische Realisation des ALCATRAP-Verfahrens innerhalb der nächsten 3 – 5 Jahre durchaus machbar und könnte dann einen der sicher vielen notwendigen Bausteine zur Reduktion der CO₂-Emissionen liefern. Ob der Einsatz sinnvoll und wirtschaftlich ist, hängt von der Effizienz der Pilotanlage und vor allem aber auch von der Entwicklung der Preise bei den CO₂-Zertifikaten ab. ■

Abb. 4:
Karbonatisierte Asche

Franz X. Bogner

„Entflammt für Energie“

Seit Herbst 2009 läuft am Lehrstuhl für Didaktik der Biologie das Kooperationsprojekt mit dem Regionalmanagement Stadt und Landkreis Bayreuth (GbR), dem Staatlichem Schulamt im Landkreis und in der Stadt Bayreuth, dem Umweltbeauftragten der Grund- und Hauptschulen des Staatlichen Schulamtes, den Hauptschulen der Region Bayreuth und außerschulischen Umweltbildungsstätten in der Region. Doktorandin des Projekts am Lehrstuhl Didaktik der Biologie ist Yelva Larsen, in ihrer Ausbildung Diplombiologin; sie hat seit ihrer Diplomprüfung eigene Erfahrungen im Unterrichten sowie in der Öffentlichkeitsarbeit am Senckenberg-Museum in Frankfurt sammeln können.

Das Projekt wird vom Kulturfonds Offensive Zukunft Bayern (Bereich Unterricht und Kultus), dem Bayerischen Umweltfonds sowie dem Bundeslandwirtschaftsministerium finanziert.

strebt, d.h. eine Teilnehmerzahl von ca. 400 – 500 Schüler/innen vorsehen.

In der Pilotphase wird ein Konzept für die inhaltliche Auseinandersetzung mit dem Themenkreis Bioenergie und nachwachsende Rohstoffe entwickelt und an einer ausgewählten Schule in Bayreuth (der Albert-Schweizer-Schule) erprobt. Nach Auswertung der Erfahrungen der Pilotphase erfolgt die Ausweitung auf alle vierzehn Hauptschulen in der Region Bayreuth. Die Projektbeteiligten werden dabei konsequent in das Projekt miteinbezogen.

Das unterrichtliche Konzept wird in erster Linie auf die Zielgruppe der Hauptschüler ausgerichtet, soll aber modifiziert an allen weiterführenden Schulen (Gymnasien, Realschulen und Gesamtschule Hollfeld) umgesetzt und auch für andere Bildungszwecke verwendet werden können. Das Ziel ist die Entwicklung, Anwendung und Evaluation von methodisch-didaktisch handlungsorientierten Lernstationen mit unterschiedlichem Anforderungsprofil. Diese werden in außerschulischen Umweltbildungsstätten (Umweltstation Lindenhof, Waldhaus Mehlmeisel) zugänglich sein. Schüler/innen können sich dabei eigeninitiativ, selbstständig und experimentell „mit eigenen Händen“ mit der Thematik Bioenergie auseinandersetzen. Das Lernen an Stationen bietet dabei gute



Bedingungen, auch mit heterogenen Klassen zu einem ausbalancierten Ergebnis zu kommen, in dem sich unterschiedlich begabte Schüler/innen abbilden können. Die Stationen schaffen insbesondere auch Raum für eine individuelle künstlerische Auseinandersetzung mit dem Thema und vermitteln jenseits eines rein kognitiven Ansatzes multisensorische Basisinformationen zum Thema Bioenergie.

Die künstlerische Beschäftigung mit dem Thema geht vom Symbol der Bioenergie-Region Bayreuth, dem Flammenblatt aus, sie wird sich auch als Leitmotiv durch alle Stationen ziehen. Die Schüler/innen werden dabei ausgehend von der bestehenden grafischen Form eine eigene individuelle Version des Flammenblatts schaffen, ob grafisch, plastisch oder multimedial, das bleibt dem einzelnen Gusto überlassen. Die Umsetzung erfolgt in Kooperation mit örtlichen Kunstlehrern und Künstlern, welche den Schüler/innen bei Bedarf Hilfestellung geben werden. Die Kunstobjekte werden ebenso wie eine umfassende Projektdokumentation auf einer zentralen Ausstellung für andere Schulen zugänglich sein; auch eine entsprechende Internetpräsentation ist vorgesehen. Dies soll einerseits dem Ideenaustausch die-



Das **Flammenblatt** als Symbol für die in Pflanzen innewohnende Energie ist Teil des Logos der Bioenergie-Region Bayreuth und soll als identitätsstiftendes Symbol für die Bioenergie-Region Bayreuth stehen. Das Symbol zieht sich als roter Faden durch alle Materialien des Infonetzes Umweltbildung.

Es ist auf einen Zeitraum von drei Jahren ausgelegt, die Erfahrungen aus dem Projekt fließen zudem in das laufende DFG-Projekt „Umweltbildung zur Förderung umweltspezifischer Handlungs- und kognitiv-emotionaler Kompetenzen: Erfassung und Modellierung der Kompetenzstruktur“. Bevorzugte Zielgruppe des Projektes sind Hauptschüler, die zu einer ganzheitlichen, handlungsorientierten Auseinandersetzung mit dem Thema Bioenergie geführt werden sollen. Wie bei allen anderen Forschungsprojekten am Lehrstuhl Didaktik der Biologie ist für die Entwicklungs- und Evaluierungsphase eine ausreichende Datenbasis ange-



Doktorandin
Yelva Larsen



Bioenergieregion Bayreuth: Neue Doktorandin am Lehrstuhl Didaktik der Biologie



nen, andererseits aber auch Anstoß zur weiteren künstlerischen oder inhaltlichen Beschäftigung mit dem Thema sein. Da die Objekte alle den gleichen inhaltlichen Kern aufweisen, dienen sie auch zur Identitätsstiftung innerhalb der Bioenergie-Region Bayreuth. Nach der Zentralausstellung werden die Exponate in den jeweiligen Schulorten aufgestellt und werben dort für das Gesamtprojekt.

Die Idee zum Projekt war unter anderem aus dem Wissen entstanden, dass es in der Region Bayreuth noch an geeigneten Unterrichts- und Unterrichtsbegleitmaterialien für Schulen und außerschulische Lernorte zum Thema Bioenergie fehlt, vor allem wenn es um Materialien geht, die erlebnisorientiert an das Problem herangehen. Gerade eine erlebnisorientierte Vermittlung des Themas Bioenergie ist abgesehen vom Thema Holz materialbedingt (Biogas, Gülle, Silage) wesentlich schwieriger als etwa bei der Sonnenenergie oder der Windkraft. Methodisch überwiegen oft die klassischen Arbeitsblätter; gerade zum Thema Energieerzeugung aus Biomasse fehlt es oft an praktischen Anschauungsmaterialien, an interaktiven Computeranwendungen oder auch nur an einfachen interessanten

Experimenten und „Mitmachangeboten“, die in ein durchdachtes didaktisches Konzept eingebunden sind und neben den chemisch-physikalischen Aspekten fächerübergreifend auch weitere Gesichtspunkte beinhalten.

Es gibt im Bereich Bioenergie nur wenige fachdidaktisch aufbereitete Ansätze, die diesem Anspruch genügen. Hervorzuheben sind zum einen das aktuelle Projekt „Innovation erlebbar machen – Nachwachsende Rohstoffe“ des Ökologischen Bildungszentrums in München, dessen thematischer Schwerpunkt allerdings nicht mit dem hier vorgestellten identisch ist; zum Anderen das 2008 abgeschlossene Forschungsprojekt „Erlebniswelt Erneuerbare Energien: Powerado!“, das zwar hinsichtlich der Strategie des anschaulichen Lernens ähnliche Ziele verfolgte, aber inhaltlich speziell zum Thema Bioenergie nur sehr wenig erlebnisorientierte Materialien bereitgestellt hat. Mit den bestehenden Materialien ist somit das Thema Bioenergie didaktisch anschaulich nicht so gut aufbereitet, wie es beispielsweise beim Thema Solarenergie bereits der Fall ist. Diese Lücke soll mit dem neuen Projekt geschlossen werden.

Folgende erlebnisorientierte Edutainment-Bausteine sollen zum Einsatz kommen:

1. Ein funktionsfähiges Biogasanlagenmodell als Bausatz zum Nachbauen und andere Experimente zur Bioenergie-Erzeugung
2. (Computer)simulationen zur Funktionsweise von Biogasanlagen zum Betrachten und Mitmachen
3. Materialien zum Anfassen, An-

schauen und experimentieren (Material- und Experimentierkoffer)

4. Mitmachstation, an welcher Energie erzeugt und der Aufwand dafür (schweiß-treibend) erfahrbar gemacht wird (z. B. mit Energie-Ergometer)
5. Station zur Sinneserfahrung (Wie riechen frisches Holz / Biogas etc., Tastspiele, Wie klingen Wärme und Kälte? Wie hört sich Stromsparen an?)

sowie Umweltspiele, Rollenspiele und ein ausgewogenes Medienpaket. Des Weiteren dürfen natürlich geeignete Exkursionen zu Bioenergieanlagen nicht fehlen, um originale Begegnungen zu gewährleisten.

In dem Projekt arbeiten verschiedene Netzwerkpartner zusammen und bündeln Kompetenzen aus den Bereichen universitäre Forschung, angewandte außerschulische Umweltbildung (Umweltstation Lindenhof), Schulen, Landwirtschaftliche Lehranstalten des Bezirkes, Land- und Forstwirtschaft.

Im Einzelnen sind beteiligt:

- die Regionalmanagement Stadt und Landkreis Bayreuth GbR,
- der bayerische Lehrstuhl für Didaktik der Biologie (Universität Bayreuth),
- die LBV-Umweltstation Lindenhof-Bayreuth,
- die Umweltbildungsstätte Waldhaus Mehlmeisel
- das Staatliche Schulamt im Landkreis und in der Stadt Bayreuth,
- der Fachberater Umwelterziehung für Stadt und Landkreis Bayreuth,
- weiterführende Schulen in der Region Bayreuth sowie
- die Landwirtschaftlichen Lehranstalten des Bezirkes Oberfranken. ■



Energie und

Das Thema aus geologischer Sicht

Die Fragen der künftigen Energieverfügbarkeit und der Auswirkungen des globalen Energieverbrauchs auf die Umwelt haben in den letzten Jahren großes öffentliches Interesse geweckt. Neben den möglichen Auswirkungen der Freisetzung von CO₂ in die Atmosphäre und Folgen des Klimawandels werden zunehmend der künftige Energiebedarf und die Energieverfügbarkeit diskutiert. Es geht um die Fragen, wie die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung bei reduzierter Energieverfügbarkeit aussehen wird, wie sich unser derzeit von Konsum und Energiehunger geprägtes Leben künftig verändern wird, bis hin zu der Frage, wieviele Menschen die Erde verträgt: ein Themenfeld, das Geologie, Biologie, Ingenieurwissenschaften, Wirtschaftswissenschaften, Psychologie und viele Disziplinen der Geisteswissenschaften gleichermaßen betrifft.

Die derzeit geführten Diskussionen um Ressourcenverknappung, wirtschaftliche Entwicklung und Umweltzerstörung sind dabei keineswegs neu. Sie knüpfen in vielen Punkten an die Untersuchungen in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts an, etwa den Untersuchungen des Club of Rome und Dennis Meadows Buch „Die Grenzen des Wachstums“. Nachdem in den 80er und 90er Jahren diese Themen fast vergessen schienen, kehren sie nun mit noch größerer Dringlichkeit zurück. Die früheren Warnungen vor einer künftig eingeschränkten Energieverfügbarkeit werden von manchen nun als noch drängender als damals betrachtet, da die Zeit zum Reagieren knapp wird. In einem Vortrag im August dieses Jahres auf der Jahrestagung der Schweizerischen Energienstiftung in Zürich vertrat Dennis Meadows die Ansicht, dass in wenigen

Jahren das Thema Klimawandel in der Öffentlichkeit keine Rolle mehr spielen werde, weil die Probleme der Energieverfügbarkeit alle anderen Probleme überdecken werden.

Das Fach Geologie ist aus vielen Gründen eng mit dem Themenfeld „Energie und Umwelt“ verwurzelt. So sind die Auffindung und Abschätzung von Erdöl-Reserven und Ressourcen in erster Linie Arbeitsbereiche der Geologie ebenso wie die Untersuchung potentieller Folgeschäden bei der Gewinnung natürlicher Rohstoffe oder der Verbringung gefährlicher Abfälle im Untergrund. Dies wird besonders deutlich bei der umstrittenen Endlagerung radioaktiver Abfälle aus Atomkraftwerken oder der Injizierung von CO₂ im Zusammenhang mit CCS-Technik (Carbon Capture and Sequestration), die als ein Weg zur Begrenzung der CO₂ Freisetzung in die Atmosphäre aus dem künftig vermutlich zunehmenden Einsatz von Kohle bei der Elektrizitätserzeugung gesehen wird.

Der amerikanische Erdölgeologe und Geophysiker Marion King Hubbert, seinerzeit Leiter der Shell Laboratories in Houston, veröffentlichte im Jahr 1956 eine Untersuchung über die künftige Entwicklung der Erdölförderung in den USA, in der er den Zeitpunkt des Fördermaximums anhand des historischen Förderverlaufs für das Jahr 1970 prognostizierte. Tatsächlich wurde das Fördermaximum in diesem Jahr erreicht. Während das Fördermaximum für viele Erdöllagerstätten und Erdölprovinzen der Erde bereits über-

sritten ist, wird die Frage nach dem Zeitpunkt des globalen Erdöl-Fördermaximums („Peak Oil“) kontrovers diskutiert. Dabei wird in der Öffentlichkeit der Begriff „Peak Oil“ oft unzulässig auf die Aussage verkürzt, er sei gleichbedeutend mit dem Ende des Erdöls. Kein Erdölgeologe wird bestreiten, dass auch in 200 Jahren noch förderbares Erdöl vorhanden sein wird. Die gefördert Mengen werden jedoch mit Sicherheit weit unter dem liegen, was heute gefördert wird, und es wird erheblich aufwändiger und teurer sein, es zu fördern. Die spannende Frage ist: wann ist das globale Fördermaximum erreicht?

Dass eine Verknappung des wichtigsten Energieträgers Erdöl in naher Zukunft eintreten wird, erwarten sowohl die International Energy Agency (IEA) als auch die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). Der Zeitpunkt der maximalen Erdölförderung, scheint in greifbarer Nähe zu sein oder ist nach Meinung mancher Geologen bereits erreicht. Zumindest scheint das Fördermaximum des leicht gewinnbaren „konventionellen“ Erdöls erreicht zu sein. Die Gewinnung der kürzlich aufgefundenen Lagerstätten vor der Küste Brasiliens (Carioca, Tupi) wird erhebliche Investitionen erfordern und es ist nicht klar, welcher Preis für dieses Erdöl zu zahlen sein wird und wann dieses Erdöl auf dem Markt verfügbar sein wird. Ähnliches gilt für die Teersande Kanadas. Bei den derzeitigen Erdölpreisen sind die Teersande unwirtschaftlich; in dem bis vor kurzem noch boomenden

Umwelt

Fort MacMurray im Zentrum der kanadischen Teersandförderung ist derzeit Ruhe eingekehrt.

Die unterschiedlichen Sichtweisen auf die Existenz eines globalen Produktionsmaximums und seines Zeitpunktes beruhen im wesentlichen auf der Frage, wieweit Produktionsrückgänge durch eine Nachfragereduzierung und nicht geologisch bedingte Produktionsbeschränkungen oder durch eine geologisch bedingte Verknappung bei der Förderung (Kosten, politische Bedingungen) verursacht werden. Unsicher ist auch, wieweit technischer Fortschritt künftig zu einer Erhöhung der Ölförderung wird beitragen können und in welchem Maße neue große Lagerstätten gefunden werden können. Der Auffindungsverlauf für Erdöllagerstätten ist jedoch wenig ermutigend: das globale Auffindungsmaximum lag Anfang der 60er Jahre des letzten Jahrhunderts. Aller technologischer Fortschritt, Datenverarbeitung und moderne geophysikalische Methoden haben die Abnahme bei der Auffindung von Lagerstätten nicht aufhalten können. Auch die Hoffnung auf technologische Durchbrüche bei der Erdölförderung ist trügerisch, da seit mehr als 40 Jahren an der „enhanced oil recovery“ (EOR) geforscht wird, ohne dass die durchschnittliche Ausbeute bei der Erdölförderung deutlich zugenommen hätte. Auf die Auffindung neuer Lagerstätten hat die EOR ohnehin keinen Einfluß, und die derzeitige Auffindung neuer Lagerstätten, wie etwa vor Brasilien und im Golf von Mexiko, liegt im Rahmen dessen, was

von der „Peak Oil“ Theorie prognostiziert wird: Mengen, die weit unterhalb dessen liegen, was nötig wäre, um den Zeitpunkt des Fördermaximums nennenswert in die Zukunft zu verlegen. Nach den Vorstellungen der Erdölgeologen liegt die bis zum Jahr 2005 geförderte globale Menge Erdöl bei 945 Milliarden barrel (Gigabarrel, Gb, 1 barrel= 159 l), die bis dahin gefundene Menge betrug 1705 Gb, es verbleiben also 760 Gb als bekannte Reserven. Unterschiedliche Einschätzungen bestehen hinsichtlich der Größe der bislang unbekanntem Neufunde: für die Vertreter der „Peak Oil“ Theorie liegen diese in der Größenordnung von 300 – 400 Gb, andere Schätzungen liegen dagegen deutlich höher. Die jährliche globale Förderung liegt bei ungefähr 30 Gb. Entscheidend für den Zeitpunkt des Fördermaximums ist, wie die Gesamtmenge aus bekannten Reserven und bislang noch nicht gefundenen Lagerstätten auf dem Markt verfügbar sein werden. Angesichts einer bis 2050 auf 9 Milliarden Menschen ansteigenden Weltbevölkerung erscheint es absurd, einen globalen „demand peak“ für die nähere Zukunft zu erwarten.

Die Geheimhaltung der OPEC-Länder über die eigenen Reserven ist einer der Hauptgründe für die Unsicherheit über das künftige globale Förderprofil. Eine Bewertung der Reservenangaben durch unabhängige Fachleute ist nicht möglich, die offiziellen Zahlen sind politisch motiviert. Unbestritten ist, dass seit dem Beginn der 80er Jahre des vergangenen Jahrhunderts von der



Prof. Dr. Klaus Bitzer
Abteilung Geologie

Menschheit jedes Jahr mehr Erdöl verbraucht wird als gefunden wird. Für die BGR ist eine Erhöhung der Förderung unter den gegebenen Rahmenbedingungen bis ins Jahr 2023 möglich. Dagegen hat sich unlängst Fatih Birol von der IEA in einem Interview Ende Juli dieses Jahres deutlich pessimistischer gezeigt. So sieht die IEA jetzt, dass der natürliche jährliche Förderrückgang der derzeit genutzten Felder statt angenommener 3,7 % tatsächlich 6,7 % beträgt. Mit Blick auf die Situation im Jahr 2030 schreibt Birol, dass der Förderrückgang aus den bestehenden Feldern durch Neufunde ausgeglichen werden muss, die dem Vierfachen der Förderkapazität Saudi Arabiens entsprechen. Wo diese riesigen Lagerstätten liegen sollen, ist jedoch nicht bekannt; es ist anzunehmen, dass sie nicht existieren. Fatih Birol spricht von einem Fördermaximum im Jahr 2020 und deutet an, dass bereits im Jahr 2010 ein Engpass bei der Erdölversorgung eintreten könne. Auch die BGR prognostiziert, dass „trotz der bereits jetzt anlaufenden Substitution von Erdöl eine physische Verknappung spürbar sein wird.“ Auch im Hinblick auf die derzeiti-

Energie und Umwelt – Das Thema aus geologischer Sicht

gen Entwicklungen in der Erdölindustrie ist dies als wahrscheinlich anzunehmen. So berichten alle größeren Erdölfirmen von erheblichen Kürzungsprogrammen; Shell hat allein in der ersten Jahreshälfte die Kosten um 700 Mio. \$ gesenkt. Die Explorations- und Entwicklungsprogramme vieler Felder stehen auf dem Prüfstand; von Personalabbau ist überall die Rede.

Die Hoffnungen richten sich vielerorts auf die Gewinnung unkonventionellen Erdöls. Dies ist jedoch eine unsichere Angelegenheit: selbst bei dem derzeitigen Preisniveau erwägt beispielsweise die mexikanische Erdölfirma Pemex derzeit, das mit großen Hoffnungen gestartete Großprojekt im Chicontepec-Erdölfeld trotz der dramatisch zurückgehenden Erdölförderung Mexikos nicht weiter fortzuführen. 3,4 Mrd. \$ wurden dort bislang investiert, die Förderung beträgt zur Zeit 30.000 barrel pro Tag und bleibt damit weit unter dem angestrebten Ziel von 72.000 barrel pro Tag. Für jedes barrel Produktionskapazität waren mehr als 100.000 \$ Investitionen erforderlich, weitere 8 Mrd. müssten in diesem Jahr investiert werden. Insgesamt geplant sind 20.000 Bohrungen, mit denen eine maximale Förderung von 1 Mio barrel schwer zu verarbeitendem Schwerstöl pro Tag erreicht werden soll. Das entspricht einer durchschnittlichen Förderung von 50 barrel pro Bohrung und Tag; in Saudi Arabien liegt dieser Wert bei 10.000 barrel Leichtöl pro Bohrung und Tag. Diese Zahlen und die Tatsache, dass dieses Feld nach dem Niedergang des Feldes Cantarell heute der größte Hofnungsträger Mexikos ist, machen deutlich, wie sehr sich die Verhältnisse in der Erdölgewinnung geändert haben.

Für die Umwelt sind dies nicht unbedingt gute Nachrichten: der sich abzeichnende Rückgang der konventionellen, vergleichsweise „sauberen“ Erdölförderung wird Preissteigerungen und eine Ausweitung

der Förderung nicht konventionellen „schmutzigen“ Erdöls bzw. Teers zu Folge haben. Wenn man mit Google Earth die gerade entstehenden Teerabbaugebiete bei Fort Mac Murray in Kanada von der Größenordnung der gesamten Fränkischen Alb anschaut, bekommt man einen Eindruck vom Ausmaß der Landschaftsveränderungen und Eingriffe in die Natur, die für „Wohlstand“ in Kauf genommen werden. Ob das Versprechen „sauberer“ Kohle jemals eingelöst werden können, ist äusserst fraglich. Ein sicheres Endlager für hochradioaktive Abfälle gibt es auch nach jahrzehntelanger Forschung in keinem Land; das Lager für gering bis mittelaktive Abfälle in Asse ist schon nach wenigen Jahren zum Umweltproblem geworden. Der Boom der Biokraftstoffe ist schon nach wenigen Jahren vorbei; die Energiebilanz, der „Energy Return on Energy Invested“ (EROEI) ist letztlich zu schlecht und die Konkurrenz zwischen Lebensmittel- und Energieerzeugung wirft viele Fragen auf. Ob diejenigen Recht behalten werden, die mit der optimistischen Formel „Technology will save us“ einen problemlosen Übergang zu einer nicht-fossilen Energieversorgung erhoffen, bleibt abzuwarten. Im schlimmsten Fall erwarten die Welt im Verlauf dieses Übergangs ein dauerhaftes Energieproblem und unbewältigte Umweltprobleme. Szenarien für diesen Übergang zu entwickeln ist nicht nur eine akademische Herausforderung.

„We are addicted to oil“ stellte der damalige US-Präsident Bush im Februar 2006 fest. Er ahnte vermutlich nicht, wie zutreffend die Analogie zwischen Drogenabhängigkeit und der Abhängigkeit von billiger Energie ist. Die zunehmende Verfügbarkeit billiger Energie hat in den vergangenen Jahrzehnten Erwartungen an Produktverfügbarkeit, Konsummöglichkeiten, individuelle Mobilität, Zeitverfügbarkeit und Effizienz geschaffen, die als inte-

grale Bestandteile von Wohlstand wahrgenommen werden. Die Aussicht, diese Erwartungen zurückzuschrauben zu müssen, wird als unzumutbar betrachtet. Das Gefühl einer potentiellen Gefährdung dieser als „Wohlstand“ verstandenen Lebenshaltung durch die mit einer Energieverknappung assoziierten Begleiterscheinungen erklärt die zum Teil emotional geführten Diskussionen. Anstelle einer angst erfüllten Diskussion um befürchtete Wohlstandsverluste wäre es sinnvoller, zu fragen, ob unser Verständnis von Wohlstand die Erfüllung anderer elementarer nicht-materieller Bedürfnisse blockiert. „Peak Oil“ kann vor diesem Hintergrund als eine positive Nachricht aufgefasst werden.

Seit mehreren Jahren wird an dem Thema „Energie und Umwelt“ in der Abteilung Geologie in Forschung und Lehre gearbeitet. Im Rahmen eines DFG-Projekts wurden Deformationserscheinungen im Verlauf der Erdölförderung an einem saudischen Ölfeld mittels DInSAR (differentielle Radar-Interferometrie aus Satellitendaten) untersucht. In der Lehre werden die Vorlesungen „Energie und Umwelt“ (Prof. Bitzer) und „Forum Geoökologie“ (Prof. Frank und Prof. Bitzer) angeboten. International bekannte Fachleute wie Colin Campbell wurden in diesem Zusammenhang an die Universität Bayreuth eingeladen und hielten Vorträge. Im Rahmen eines interdisziplinären Seminars „Rohstoffe, Umwelt und Entwicklung“ (Prof. Herz (Lehrstuhl VWL I) und Prof. Bitzer) im SS 2008 kam der Botschafter Saudi-Arabiens zu einem Vortrag an die Universität Bayreuth. Seit mehreren Jahren besteht eine enge Zusammenarbeit zwischen der Abteilung Geologie und der Bölkow-Stiftung in München und dem Lehrstuhl Erdölgeologie an der TU Clausthal im Bereich der Ressourcenabschätzung im Bereich Erdöl und Erdgas. ■

Energie und Umwelt – steuern durch Steuern!

Denn sie sind ein wirkungsvolles Instrument der Verhaltenssteuerung

I. Problemstellung

Die Umwelt ist in vielfältiger Weise bedroht. Im Fokus steht die drohende Klimakatastrophe, für die nicht zuletzt der hohe Energieverbrauch und die damit verbundenen Kohlendioxid-Schadstoffemissionen als Verursacher angesehen werden.

Stimmt man dieser Situationsanalyse zu, ist rasches Handeln geboten. Da Schadstoffe keine Landesgrenzen kennen, erscheint ein weltweit konzertiertes Aktionsprogramm notwendig. Die offenkundigen nationalen Eigeninteressen stehen einer kurzfristigen Umsetzbarkeit allerdings entgegen. Hilfreich erscheinen daher nationale Alleingänge, die allerdings die nationale Wettbewerbsfähigkeit nicht übermäßig belasten dürfen.

Jenseits ordnungspolitischer Instrumente (Grenzwertsetzungen, Gebote und Verbote) oder freiwilliger Selbstverpflichtungsmaßnahmen kommen als Ansätze marktwirtschaftlicher Steuerung neben Zertifikatsmodellen und Förderungsmodellen auch Abgabemodelle in Betracht, die darauf abzielen, die externen Effekte von Umweltschädigungen insbesondere durch Steuern in die individuellen Entscheidungskalküle hineinzutragen und damit das rationale Verhalten der wirtschaftlichen Akteure zu beeinflussen. Nachfolgend sind in einem kurzen Überblick mögliche und ak-

tuelle Ansatzpunkte zur Induzierung nachhaltigen Verhaltens im Bereich des Energieverbrauchs vorzustellen.

II. Ausgewählte potenzielle steuerliche Ansatzpunkte für einen umweltverträglichen Energieeinsatz

2.1. Energie-Besteuerung nach dem Vorschlag des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW)

Das vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung im Auftrag von Green Peace entwickelte Ökosteuerkonzept wurde schon im Sommer 1994 der Öffentlichkeit vorgestellt. Kern dieses Vorschlags ist eine den Energieverbrauch belastende Steuer auf Elektrizität und fossile Energieträger. Ausgenommen werden erneuerbare Energiequellen (Sonne, Wasser, Wind). Die Energiesteuer wird dabei als Mengensteuer ausgestaltet, wobei je Einheit Energiegehalt – gemessen in Gigajoule – ein jährlich steigender Steuersatz erhoben werden soll. Die erwünschte Aufkommensneutralität wird dadurch erreicht, dass das Ökosteuer-Aufkommen zur Absenkung der Arbeitgeberbeiträge zur Sozialsicherung verwendet werden soll und an die privaten Haushalte ein sogenannter „Öko-Bonus“ in Form einer Pro-Kopf-Zahlung entrichtet wird.

2.2. Ökosteuerkonzept des Fördervereins Ökologische Steuerreform (FÖS)

Das Ökosteuerkonzept des Fördervereins Ökologische Steuerreform (FÖS) basiert ebenso auf der Besteuerung des Energieeinsatzes. Im Rahmen dieses Ökosteuerkonzepts werden insbesondere die Primärenergieträger Steinkohle, Koks, Braunkohle, Erdgas, Mineralölderivate und Elektrizität besteuert. Soweit die primären Energieträger zur Herstellung von Sekundärenergie dienen, werden sie auf der Primärstufe nicht besteuert. Flankierend zur Einführung dieser Energiesteuer soll die Mineralölsteuer erhöht und mittelfristig eine Besteuerung von Schadstoffen eingeführt werden. Fernziel ist die Ablösung der Mehrwertsteuer durch Umweltsteuern.

Da bei einem nationalen Alleingang bei der Einführung einer Energiesteuer der Wettbewerb mit ausländischen Energieanbietern verzerrt würde, ist die Idee der Energiesteuer europaweit durchzusetzen. Solange dies nicht gelingt, ist eine Energieeinfuhrsteuer auf energiereiche Produkte vorzusehen. Neben dem Aufkommensaspekt einer solchen Energieeinfuhrsteuer wird damit auch ein Anreiz für ausländische Staaten zur Einführung von Energiesteuern gesetzt.

Energie und Umwelt – steuern durch Steuern!

Das Energiesteuerkonzept weist nach Auffassung des Fördervereins Ökologische Steuerreform den Vorteil auf, dass wegen der hohen Korrelation des Energieeinsatzes mit den meisten umweltschädlichen Stoffen und Prozessen eine Energiesteuer vorteilhafter ist als eine Vielzahl einzelner Ökosteuern. Das Aufkommen der Energiesteuer ist vor allem zur Senkung der Beiträge zur Arbeitslosenversicherung einzusetzen, um den Faktor Arbeit zu entlasten.

2.3. Allphasen-Ökosteuer mit Vorbelastungsabzug

Im Jahr 1996 wurde der Vorschlag einer Allphasen-Ökosteuer in die Diskussion eingeführt. Die Allphasen-Ökosteuer weist nicht nur sprachlich eine gewisse Nähe zur geltenden Umsatzsteuer auf, sondern zeichnet sich auch durch die Tatsache aus, dass sie – wie die geltende Netto-Allphasen-Umsatzsteuer – auf jeder Wertschöpfungsstufe eingreift, aber wegen des Vorsteuerabzugs nur die Wertschöpfung der jeweiligen Stufe erfasst und letztlich nur den Endverbraucher belasten soll.

Die als Endverbrauchsteuer konzipierte Allphasen-Ökosteuer bleibt im Rahmen der Unternehmenssphäre steuerneutral. Besteuerungsgegenstand ist die bei der Herstellung von Produkten und Dienstleistungen und deren Distribution verbrauchte Energie. Der Steuersatz ergibt sich aufgrund eines allgemein

festzulegenden Faktors und der individuellen Energieintensität, die aus dem Verhältnis der Summe aus der von Vorlieferanten in Rechnung gestellten und offen ausgewiesenen Öko-Vorsteuer und den eigenen Energiekosten zum Umsatz ermittelt wird. Bei einer angenommenen Energieintensität von 1 % und einem Faktor von 3 ergibt sich ein Steuersatz von 3 %, der sich proportional zur Energieintensität verändert.

Überzeugend erscheint der Vorschlag insofern, als sich die gesamte Ökosteuerbelastung auf den eigenen Energieverbrauch – multipliziert mit dem allgemeinen Faktor – und den Ökosteuern der Vorstufen zusammensetzt, sie nicht den Unternehmenssektor, sondern den Endverbraucher belastet und sie offen in der Rechnung ausgewiesen wird. Gewöhnungsbedürftig ist sicherlich das (gewollte) Ergebnis, dass sich für jedes Unternehmen ein spezifischer Ökosteuersatz ergibt. Dies und die verwaltungstechnisch nicht einfach zu handhabende Umsetzung des Verfahrens hat letztlich dazu beigetragen, dass diese innovative Idee bislang nicht aufgegriffen und weiterentwickelt wurde.

2.4. Stärkere Besteuerung des Energieverbrauchs

Die erwünschte Ökologisierung des bestehenden Steuersystems kann unmittelbar durch die Besteuerung der Verbrauchsmengen der Primärenergieträger oder durch die Besteuerung des Schadstoffausstoßes erfolgen. Beide Wege bewirken eine Verteuerung der Energie und zwingen damit zu Energieeinsparmaßnahmen – dürften bei einseitiger Ausgestaltung jedoch zu ungleichen Belastungen der Energieträger und damit zu Verzerrungen in der Auswahl der genutzten Energieträger führen. Begrüßenswert erscheinen daher die Bemühungen der Kommission der Europäischen Gemein-

schaft, die Einführung einer CO₂-Steuer voranzutreiben.

Im Rahmen der angestrebten Besteuerung sollen im Grundsatz Energiegehalt und damit CO₂-Ausstoß der Energieträger, die in den Verbrauchsmengen enthalten sind, korrekt abgebildet und gleichmäßig belastet werden.

III. Ausgewählte aktuelle Ansatzpunkte zur Energiebesteuerung

3.1. Ökologische Steuerreform 1999

Die intensive Diskussion um eine ökologische Steuerreform in den achtziger Jahren führte in Deutschland Anfang 1999 zu konkreten Ergebnissen: Der Start zu einer ökologischen Steuerreform erfolgte mit dem Gesetz zum Einstieg in die ökologische Steuerreform vom 24.3.1999. Es umfasste die Einführung einer Stromsteuer und die Erhöhung fast aller Steuersätze für Kraftstoffe und Heizöle im Rahmen des Mineralölsteuergesetzes. Mit dem Gesetz zur Fortentwicklung der ökologischen Steuerreform vom 23.12.2002 wurde dieser Weg, dessen Erfassungsmäßigkeit zwischenzeitlich bestätigt wurde, konsequent weiterentwickelt. Das Mineralölsteuergesetz wurde 2006 umgestaltet und in Energiesteuergesetz umbenannt.

Die aktuellen Steuersätze für die zentralen Energieträger sind der Übersicht auf der Seite links unten zu entnehmen.

Eine Leitvorstellung der ökologischen Steuerreform besteht darin, mit der Einführung ökologischer Komponenten keine Erhöhung der Gesamtabgabenbelastung einzuführen. Vielmehr ist das Aufkommen aus den Energiesteuern zur Senkung der auf den Faktor Arbeit lastenden Abgaben – konkret der Rentenver-

Tabelle 1:
Regelsteuerbelastung
schwefelarmer Kraft-
und Heizstoffe sowie
Strom
a) Euro-Cent
je Liter
b) Euro je Megawatt-
stunde

	Ökologische Steuerreform	
	01.04.1999	01.01.2009
Benzin ^{a)}	53,17	65,45
Diesel ^{a)}	34,77	47,04
Heizöl ^{a)}	6,14	6,14
Erdgas ^{b)}	3,48	5,5
Strom ^{b)}	10,23	20,5

sicherungsbeiträge – einzusetzen, um dadurch Impulse zur Schaffung von Arbeitsplätzen zu setzen. Ein vom Umweltbundesamt initiiertes Forschungsprojekt „Quantifizierung der Effekte der ökologischen Steuerreform auf Umwelt, Beschäftigung und Innovation“ kommt in seinen fünf Teilberichten zu einer positiven Beurteilung der ökologischen Steuerreform. Vor diesem Hintergrund ist es nur schwer verständlich, dass dieser erfolgreiche Weg bisher nicht konsequent vorangetrieben wird.

3.2. Ökologisierung der Kraftfahrzeugsteuer

Mit dem Gesetz zur Neuregelung der Kraftfahrzeugsteuer und anderer Gesetze vom 29.5.2009 wurde auch die Kfz-Steuer in das gesamteuropäische Klimaschutzkonzept – insbesondere zur Minderung der CO₂-Emissionen – eingebunden.

Die ursprünglich einheitliche Besteuerung von Personenkraftwagen nur nach dem Hubraum wurde seit dem Jahr 1985 nach drei Schadstoffklassen, seit dem Jahr 1997 nach sechs Schadstoffklassen differenziert. Je Schadstoffklasse wird ein hubraumabhängiger Steuerbetrag fällig. So sind für ein Fahrzeug der Euro-3-Norm je angefangene 100 cm³ Hubraum 6,25 €, wenn es sich um einen Otto-Motor, und 15,44 €, wenn es sich um einen Diesel-Motor handelte, zu zahlen. Für Diesel-Motoren kommt ein Zuschlag für Feinstaub-Emissionen dazu.

Die Neuregelung sieht für ab 1. Juli 2009 erstmalig zugelassene Pkw die Anknüpfung an Hubraum und Kohlendioxidemission vor. Je angefangene 100 cm³ Hubraum wird bei Fremdzündmotoren (Otto/Wankel) ein Betrag von 2,00 €, bei Selbstzündmotoren (Diesel) ein Betrag von 9,50 € fällig. Der Unterschied soll die höhere Belastung von Otto-Kraftstoff durch die Energiesteuer ausgleichen. Weiterhin wird jedes Gramm CO₂ je Kilometer, das einen Wert von 120 g/km (ab 01.01.2012: 110 g/km, ab 01.01.2014: 95 g/km) übersteigt, mit 2,00 € belastet. Für ab 5. November 2008 bis 30. Juni 2009 erstzugelassene Fahrzeuge wird eine Günstigerprüfung von altem und neuem Recht durchgeführt: von Amts wegen erfolgt die Festsetzung der günstigeren Besteuerungsregelung. Die Besteuerung von Fahrzeugen, die weiterhin nach altem Recht besteuert werden, soll ab dem 01.01.2013 in die Systematik des neuen Rechts überführt werden.

Die umgestaltete Kfz-Steuer wird damit Teil der ökologischen Steuerreform und ergänzt die steuerliche Belastung des CO₂-Ausstoßes durch Energie- und Stromsteuer. Folge dieser Neuregelung ist, dass umweltfreundlichere (= schadstoffärmere) und kleinere Fahrzeuge im Neuwagengeschäft verstärkt Absatz finden. Nicht zu übersehen ist die Doppelbelastung des Verkehrsereichs mit Energiesteuer und Kfz-Steuer: Zur Energiesteuer auf Benzin und Diesel an der Zapfsäule kommt noch die Kfz-Steuer für den

geschätzten Verbrauch des Fahrzeugs hinzu. Nicht in Abrede zu stellen ist, dass der ökologische Umbau der Kfz-Steuer mit der Schadstofforientierung der Kfz-Steuer zu einer erheblichen Komplizierung geführt hat.

IV. Abschließende Thesen

(1) Die Diskussion um die drohende Klimakatastrophe belegt, dass das Umwelt-Problembewusstsein in der Gesellschaft zunimmt. Wirtschaftliche Eigen-Interessen der Staaten führen indes häufig dazu, dass notwendige Maßnahmen blockiert werden.

(2) Steuerliche Maßnahmen entfalten erfahrungsgemäß hohe Anreizwirkungen. Sie können wirkungsvoll zur Entlastung positiver Aktivitäten – Entwicklung umweltschonender Technologien und Einsatz erneuerbarer Ressourcen – und zur Belastung unerwünschter Aktivitäten – Übernutzung knapper Ressourcen und übermäßiger Schadstoffproduktion – eingesetzt werden.

(3) Steuerliche Förderung und steuerliche Belastung werden – vor allem aus psychologischen Gründen – von den Steuerpflichtigen traditionell überschätzt. Die Steuerungswirkungen von Förder- und Strafsteuern sind hoch und dies macht sie bei allen Vorbehalten gegen interventionistische steuerliche Regelung zu einem wirkungsvollen Instrument der Verhaltenssteuerung. ■



Professor Dr.
Jochen Sigloch



Diplom-Kauffrau
Stefanie Jannasch

Energie(recht) an der Forschungsstelle für deutsches

Die tatsächlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen im Bereich der Energiewirtschaft ändern sich rasant. Um die dabei auftretenden Rechtsfragen wissenschaftlich aufzuarbeiten und dem steigenden Beratungsbedarf gerecht zu werden, wurde im Sommer 2009 an der Universität Bayreuth die Forschungsstelle für deutsches und europäisches Energierecht (FER) gegründet.

„Energiepreise - Strom und Gas erneuert teurer“, „Mehr Wettbewerb - E.on will mit Netzverkauf Kartellbuße vermeiden“, „Offshore-Windparks: Stürmische Energiepläne“,

„EU-Glühlampenverbot: Welt ohne Birne?“ Solche oder ähnliche Schlagzeilen aus dem Energiebereich begegnen uns beinahe täglich bei der morgendlichen Zeitungslektüre. Verwunderlich ist das nicht: Energie ist ein bedeutender Wirtschaftsfaktor für Industrieunternehmen und für unser aller Leben längst selbstverständlich und damit unverzichtbar geworden. Zugleich entfaltet der Energiesektor im Moment eine unglaubliche Dynamik - insbesondere im Hinblick auf die erneuerbaren Energien.

Änderung der tatsächlichen Verhältnisse und der rechtlichen Rahmenbedingungen

Aufsehen erregen dabei nicht nur Großprojekte wie Offshore-Windparks oder der Plan, riesige solarthermische Kraftwerke in der Sahara zu bauen, um Europa mit Strom zu versorgen (Stichwort: Desertec). Intelligente Stromzähler, Verbraucher, die Stromtarife vergleichen und ihren Stromversorger wechseln, Kleinkraftwerke im Keller und Solarzellen auf den Dächern: Die rasanten Entwicklungen im Energiebereich sind längst für jeden Einzelnen spürbar und verändern unsere Lebensumstände.

Vor diesem dynamischen Prozess macht auch die Rechtsentwicklung nicht Halt. Im Gegenteil: Vielfach werden die Veränderungen vom europäischen und nationalen Gesetzgeber initiiert bzw. befördert. In Deutschland traten allein im Jahre 2009 eine Vielzahl neuer energierechtlicher Normen in Kraft oder erfuhren wesentliche Änderungen. Auf europäischer Ebene wurde erst kürzlich das 3. Binnenmarktpaket verabschiedet - mit neuen Vorgaben unter anderem für den Netzzugang und die Regulierung in den Bereichen Strom und Gas. Auf internationaler, völkerrechtlicher Ebene findet vom 7.-18. Dezember 2009 in Kopenhagen die UN-Klimakonferenz statt, auf der ein Nachfolge regime für das 2012 auslaufende Kyoto-Protokoll ausgehandelt werden soll.

Gründung der Forschungsstelle

Die beschleunigte Änderung des tatsächlichen und rechtlichen Umfelds erzeugt einerseits verstärkten Beratungsbedarf bei Behörden, Unternehmen und Verbrauchern. Andererseits gilt es, die Bemühungen in der rechtswissenschaftlichen Forschung zu intensivieren, um die dabei entstehenden Rechtsfragen wissenschaftlich zu durchdringen. Trotz seiner erheblichen wirtschaftlichen und gesellschaftspolitischen Bedeutung sind das deutsche und das europäische Energierecht an Universitäten hierzulande aber immer noch unterrepräsentiert. Um

Forschungsstelle für deutsches und europäisches Energierecht (FER)

Direktoren:

- Prof. Dr. Jörg Gundel, ÖR V (geschäftsführend)
- Prof. Dr. Knut Werner Lange, ZR V

Weitere Mitglieder:

- Prof. Dr. Stefan Leible, ZR IV
- Prof. Dr. Markus Möstl, ÖR II
- Prof. Dr. Hinnerk Wißmann, ÖR III
- Prof. Dr. Martin Leschke, VWL V

Postanschrift:

Universität Bayreuth, Fakultät RW
Forschungsstelle für deutsches und europäisches Energierecht
c/o Lehrstuhl für Öffentliches Recht V
95440 Bayreuth

Kontakt:

Telefon: +49 (0)921/55-2943
Telefax: +49 (0)921/55-2897
Email: FERMail@uni-bayreuth.de

Homepage:

www.fer.uni-bayreuth.de

Universität Bayreuth

und europäisches Energierecht gegründet

diese Forschungslücke zu schließen, wurde an der Universität Bayreuth unter Federführung von Prof. Dr. Jörg Gundel (Lehrstuhl für Öffentliches Recht, Völker- und Europarecht) und Prof. Dr. Knut Werner Lange (Lehrstuhl für Bürgerliches Recht, deutsches und europäisches Handels- und Wirtschaftsrecht) die Forschungsstelle für deutsches und europäisches Energierecht (kurz: FER) gegründet.

Zielsetzung und Ausrichtung

Die Forschungsstelle untersucht schwerpunktmäßig Rechtsfragen der leitungsgebundenen Energieversorgung mit Elektrizität und Gas. Sie vereint Wissenschaftler unterschiedlicher Fachbereiche des nationalen sowie internationalen Zivilrechts, des öffentlichen und europäischen Rechts aber auch der Volkswirtschaftslehre. Aufgrund ihrer interdisziplinären Ausrichtung finden das öffentliche und private, das nationale und internationale Energierecht, sowie kartell- und umweltrechtliche Fragen Beachtung. Ziel ist nicht nur, das Energierecht in Forschung und Lehre zu vertreten, sondern insbesondere den Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis zu fördern. Dazu werden in regelmäßigen Abständen Tagungen zu aktuellen energie-

rechtlichen Fragestellungen veranstaltet.

Tagung „Klimaschutz nach Kopenhagen“ im Frühjahr 2010

Die erste Veranstaltung mit dem Titel „Klimaschutz nach Kopenhagen - Internationale Instrumente und nationale Umsetzung“ wird am 4./5. März 2010 an der Universität Bayreuth stattfinden.

Nach der Weltklimakonferenz in Kopenhagen gilt es hier zunächst Bilanz zu ziehen. Die Fachvorträge werden in diesem Zusammen-

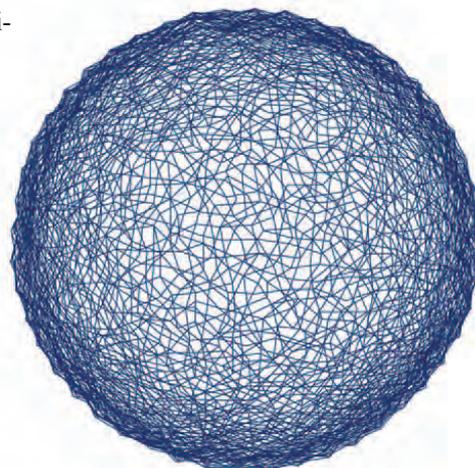
hang Rechtsfragen zu den Themen Emissionshandel, Clean Development Mechanism sowie CO₂-Abscheidung und -Speicherung behandeln. Außerdem werden Großprojekte zur Umsetzung der Klimaziele sowie der dafür notwendige Netzausbau aus rechtlicher Perspektive erörtert werden. Nähere Informationen zur Tagung sowie eine Liste der Referenten werden in Kürze auf der Homepage der Forschungsstelle veröffentlicht (www.fer.uni-bayreuth.de).

Schriftenreihe

Zur Veröffentlichung von Tagungsbänden und energierechtlichen Dissertationen wurde schließlich eine neue Schriftenreihe ins Leben gerufen. Sie wird Forschungsbeiträge zum deutschen, europäischen und internationalen Energierecht enthalten und im Verlag Mohr Siebeck, Tübingen, erscheinen. ■

FER

Forschungsstelle für deutsches und europäisches Energierecht



COP15
COPENHAGEN
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE 2009

Auf der UN-Klimakonferenz vom 7. bis 18.12.2009 soll in Kopenhagen ein völkerrechtliches Abkommen ausgehandelt werden, das das 2012 auslaufende Kyoto-Protokoll ersetzt. Die Forschungsstelle für deutsches und europäisches Energierecht veranstaltet am 4. und 5. März 2010 an der Universität Bayreuth die Tagung: „Klimaschutz nach Kopenhagen – Internationale Instrumente und nationale Umsetzung“

Die kommunikative

Wissenssoziologische Tagung „Kommunikationskultur

Referenten und Interessierte aus ganz Deutschland und der Schweiz trafen sich an der Universität Bayreuth zu der Tagung "Kommunikationskultur".

Eröffnet wurde die von der Sektion Wissenssoziologie der Deutschen Gesellschaft für Soziologie und dem Lehrstuhl Kultur- und Religionssoziologie organisierte Veranstaltung mit einem Grußwort des Dekans der Kulturwissenschaftlichen Fakultät Prof. Dr. Ludger Körntgen im neuen Gebäude der Angewandten Informatik.

Gesellschaften aller Zeiten sind ohne Kommunikation schlicht unmöglich. Die Erfassung der Strukturen sowie der Kulturbedeutsamkeit der Kommunikation in ihren zahlreichen Facetten bildete deshalb den Fokus der Veranstaltung. Im Mittelpunkt der Tagung stand genauer die wissenschaftliche und kultursoziologische Analyse der Formen kommunikativen Handelns. Analysen kommunikativen Han-

delns bieten insofern eine notwendige Grundlage sowie einen privilegierten Zugriff für die soziologische Gesellschaftsanalyse. Damit wurden die bislang erzielten Fortschritte der phänomenologisch begründeten Forschung und Sozialtheorie kritisch gewürdigt und deren gegenwärtiger Stand und weitere Aufgaben im Dialog mit alternativen Ansätzen diskutiert. Der Tagungstitel schloss ausdrücklich an die von Hubert Knoblauch entwickelte These der kommunikativen Konstruktion der Wirklichkeit an und würdigte damit auch dessen Verdienste auf diesem Gebiet, das durch sein wissenschaftliches Werk und seine Persönlichkeit wesentliche Fortschritte erzielt hat. Der renommierte Wissens- und Religionssoziologe wurde bereits zu Tagungsbeginn für seine umfangreiche wissenschaftliche Arbeit geehrt und vom Sektionsvorstand in den neu gebildeten Sektionsrat der Sektion Wissenssoziologie berufen. Wie

Gastgeber Prof. Dr. Bernd Schnettler hervorhob, diente die Tagung Kommunikationskultur nicht nur als Startschuss für die Aktivitäten des begonnenen Wintersemesters, sondern markierte ebenso den Auftakt der Tätigkeit des Lehrstuhls für Kultur- und Religionssoziologie.

Hochrangige Teilnehmer elf verschiedener Universitäten und Forschungseinrichtungen präsentierten ihre Forschungen sowie die daraus hervorgehenden Theoriefortschritte zur Erfassung von Form und Gestalt sowie Kulturbedeutsamkeit kommunikativen Handelns in seinen zahlreichen Facetten.

Man kann nicht kommunizieren

Mit dem Begriff der „Kommunikationsmacht“ wandte sich der Essener Kommunikationswissenschaftler Prof. Dr. Jo Reichertz in seinem grundlagentheoretischen Beitrag den Wirkungen kommunikativen Handelns zu. Der Vorsitzende der Sektion Wissenssoziologie, Prof. Dr. Ronald Hitzler kritisierte unter dem polemischen Titel „Man kann nicht kommunizieren“ anhand ethnographischer Fallbeobachtungen von Interaktionen mit Wachkomapatienten die allgemein angenommene These einer Allgegenwart der Kommunikation. Die an der Universität Karlsruhe lehrende Soziologin Prof. Dr. Michaela Pfadenhauer beleuchtete das Verhältnis von Kommunikation und Kompetenz und unterzog dabei das verbreitete Kulturphänomen des – haltlos auch in die akademische Welt vordringenden –

Abbildung 1:
Prof. Dr. Darius Zifonun



Abbildung 2: Prof. Dr. Bernd Schnettler und Prof. Dr. Alejandro Baer

Konstruktion der Wirklichkeit

Theorie und Forschung“

‘Kompetenzgeschwätzes’ einer scharfen Kritik.

Die Theorie Kommunikativer Gattungen und ihre Methode der Gattungsanalyse bildeten den Bezugspunkt einer Reihe von Beiträgen. So behandelte die Kommunikationswissenschaftlerin Prof. Dr. Angela Keppler (Universität Mannheim) die Frage, ob mediale Gattungen auch kommunikative Gattungen sind. Prof. Dr. Reiner Keller (Universität Landau) prüfte Differenzen und Anschlussmöglichkeiten zwischen soziologischer Gattungsanalyse und wissenssoziologischer Diskursanalyse. Prof. Dr. Gabriela Christmann, Abteilungsleiterin im Institut für Regionalforschung (Erkner), thematisierte die Überschneidungen zwischen der aus der Linguistik stammenden Ethnographie der Kommunikation mit der soziologischen Gattungsanalyse und bot damit eine sorgfältige chronologische Rekonstruktion der im Werk von Thomas Luckmann und Hubert Knoblauch produktiv aufgenommenen Ansätze aus der Sprachwissenschaft.

Zwei weitere Beiträge leisteten explizite Theorievergleiche: Der in St. Gallen lehrende schweizer Soziologe und vormalige Präsident der Schweizerischen Gesellschaft für Soziologie, Prof. Dr. Thomas Eberle zeigte in seinem Vortrag die systematischen Verbindungslinien und Differenzen zwischen ethnomethodologischer Konversationsanalyse und soziologischer Gattungsanalyse auf. Außerdem hob er die Leistungen Knoblauchs für eine soziologische Theorie der Kommuni-

kation hervor. Der in Luzern lehrende Prof. Dr. Jürgen Raab diskutierte die Anschlussfähigkeit von Gattungsanalyse und hermeneutischer Sequenzanalyse, zwei wissenssoziologische Verfahren, die auf jeweils verschiedenen Wegen zur Entdeckung gesellschaftlich verfestigter und formalisierter Lösungen kommunikativer Probleme dienen.

Der Bayreuther Religionswissenschaftler Prof. Dr. Christoph Bochinger zeichnete in seinem Beitrag die besonderen Kommunikationswege der Juden- und Islammissionen bei dem Hallenser Pietisten nach, einer protestantischen Protest- und Erneuerungsbewegung des 17. Jahrhunderts. Der Vortrag des erst Anfang Oktober von der Universidad Complutense de Madrid nach Bayreuth gewechselte Ass. Prof. Dr. Alejandro Baer nahm Bezug auf die kommunikative Genese der Erinnerungen, die er mit Material aus seiner Forschung über Zeitzeugen des Holocausts und der spanischen Franco-Diktatur illustrierte. Professor Dr. Darius Zifonun ist in Bayreuth als Lehrstuhlvertreter im vergangenen WS bekannt. Der nun in Berlin lehrende Soziologe beleuchtete unter dem Titel „Soziale Milieus und die Außenstruktur kommunikativer Gattungen“ den Zusammenhang zwischen Wissen und Sozialstruktur anhand des Phänomens „Ethno-Mocking“ als Beispiel dafür, wie Probleme der sozialen Ungleichheit mit dem Zugriff auf ein stereotypisiertes Wissen von Ethnizität gedeckt werden. An den lebhaft geführten Tagungsdebatten beteiligte sich auch der teilnehmende

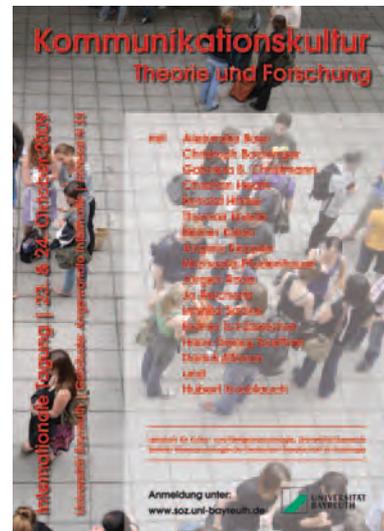


Abbildung 3:
Plakat der
Veranstaltung

ehemalige Konstanzer Soziologe und derzeitige Präsident der Deutschen Gesellschaft für Soziologie, Prof. Dr. Hans-Georg Soeffner.

Die anwesenden Teilnehmer, darunter Kollegen und Mitarbeiter aus der Religionswissenschaft, der Ethnologie, der Linguistik sowie der interkulturellen Germanistik trugen zu einer insgesamt überaus lebendigen Veranstaltung bei. Die vorzüglichen Einrichtungen der Universität boten dem Publikum komfortablen Platz. Gerahmt wurde die Veranstaltung mit einer Führung durch die historische Altstadt, die den Teilnehmer die Möglichkeit gab, die Geschichte und reizvolle Architektur der Stadt Bayreuth kennen zu lernen. Ebenso wurde im Rahmen der Tagung das Videoanalyse-Labor in der Prieserstraße eingeweiht, an dem qualitative Forschungen zur Interaktion und Kommunikation mit audiovisuellen Daten durchgeführt werden. Die erfolgreiche Realisierung des Tagungsvorhabens verdankt sich der Unterstützung der Universität und der Sektion sowie der tatkräftigen Umsetzung durch ein vorbildlich operierendes Organisationsteam. ■

Abbildung 4:
Prof. Dr. Hubert
Knoblauch



Christoph Bochinger

Religionen, Staat und

Syntheseprojekt zum Verhältnis von Religion und Werten sucht

Im Auftrag des Schweizerischen Nationalfonds leitet Professor Dr. Christoph Bochinger das Nationale Forschungsprogramm „Religionsgemeinschaften, Staat und Gesellschaft“. Um wissenschaftlich fundierte Antworten auf konkrete Anfragen aus Politik und Gesellschaft geben zu können, wurde jetzt ein Syntheseprojekt zum Verhältnis von Religion und Werten bewilligt.

In vielen europäischen Gesellschaften spielt Religion eine wachsende, aber ambivalente Rolle. Auf der einen Seite schwindet der Einfluss der traditionellen Institutionen, z.B. der Kirchen. Auf der anderen Seite gewinnt Religion durch Migranten-Gruppen, aber auch durch religiöse Erneuerungsbewegungen in der Gesellschaft an Bedeutung. Ausgelöst durch medienwirksame Ereignisse, die mit Religionen zusammenhängen, wie den Terroranschlag auf das World Trade Center und das Pentagon, aber auch die Weltjugendtage der katholischen Kirche oder die wachsende Esoterik-Bewegung, ist von einer „Rückkehr der Religion“ die Rede. Diese wird sowohl als Bedrohung wie als Garant des gesellschaftlichen Wertekonsenses gesehen. Das stellt in vielen Ländern eine große und eher unerwartete Herausforderung dar: Wie soll sich der Staat dazu verhalten? Wie können religiöse und nicht-religiöse Gruppen unterschiedlicher Provenienz in der Gesellschaft friedlich zusammenleben? Wo treten Konflikte auf, und wie können Sie gelöst werden? Wie können gesetzliche Regelungen, die einmal für die christlichen Großkirchen konzipiert wurden, unter den veränderten Bedingungen auch auf

andere Religionsgemeinschaften angewandt werden? Soll man sie beibehalten, anpassen oder besser abschaffen? Gibt es vielleicht in der Praxis schon brauchbare Ansätze zur Problemlösung?

Herausforderung für die Wissenschaften

Solche praktischen gesellschaftlichen Fragen stellen auch für die Wissenschaften eine große Herausforderung dar, weil Religion in Fächern wie Theologie, Politikwissenschaft, Soziologie, Geschichte, Jura oder Orientalistik höchst unterschiedlich thematisiert wird. Wichtige gesellschaftliche Fragen können bisher gar nicht beantwortet werden, weil es kaum Experten gibt, die sich z.B. mit vietnamesischen Buddhisten oder albanischen Muslimen in Europa befassen. Daher bedarf es einer koordinierten Forschungsperspektive, die die unterschiedlichen wissenschaftlichen Zugänge unter einem gemeinsamen Erkenntnisinteresse thematisiert, anwendungsorientierte Problemstellungen mit der nötigen Grundlagenforschung verbindet und die höchst unterschiedlichen Dynamiken innerhalb von Religionsgemeinschaften, aber auch in ihrer Wechselwirkung mit der Gesellschaft zu erfassen versteht. Die Religionswissenschaft ist besonders angesprochen, diese Koordination zu übernehmen. Zugleich bietet die Entwicklung eine Chance für dieses „kleine Fach“, sich als Leitwissenschaft für solche Fragestellungen zu profilieren.

Interdisziplinäre Verbundforschung in der Schweiz

Anders als in Deutschland wurden in mehreren europäischen Ländern, u.a. in Großbritannien, den Niederlanden und Schweden, in jüngster Zeit entsprechende Verbundforschungsprogramme in Gang gebracht, die jeweils mit Millionenbeträgen durch die öffentliche Hand gefördert werden. Auch in der Schweiz wurde 2006 auf Betreiben verschiedener politischer und gesellschaftlicher Akteure ein Nationales Forschungsprogramm zum Thema „Religion, Staat und Gesellschaft“ (NFP 58) im Umfang von 10 Mio. Schweizer Franken ausgeschrieben (s. <http://www.nfp58.ch>). Ich wurde vom Schweizerischen Nationalfonds beauftragt, als Präsident der Leitungsgruppe zunächst das Gesamtkonzept zu erarbeiten und das Auswahlverfahren zu leiten, später dann die wissenschaftliche Koordination des Projekts zu übernehmen.

Religion will „gelernt“ sein: Schon die Kleinsten üben sich in religiöser Praxis.



Ähnlich dem aus dem katholischen Kontext bekannten Rosenkranz dient die muslimische Gebetskette als Hilfestellung für ritualisierte Formen des Gebets.

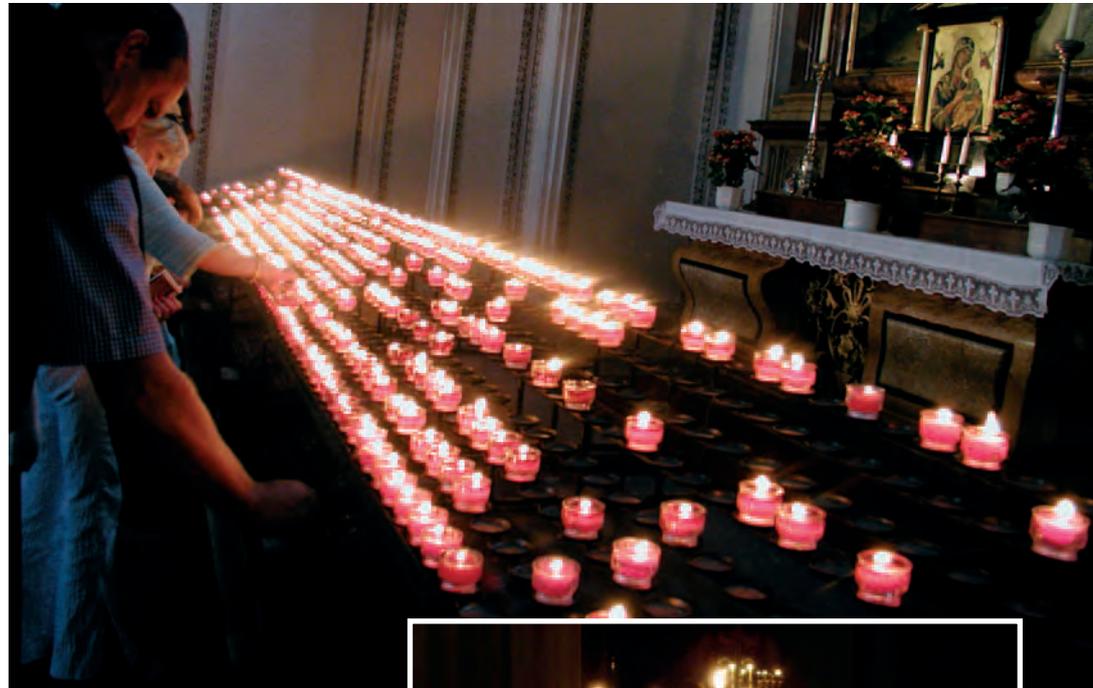
Gesellschaft

nach Antworten

Nationale Forschungsprogramme gehören zur „Orientierten Forschung“ und sollen mit wissenschaftlich fundierten, anwendungsnahe Forschungsprojekten zur Bewältigung von wichtigen Gegenwartsproblemen beitragen. Von 135 Projektskizzen wurden 28 Teilprojekte ausgewählt. Unter fünf grundlegenden Perspektiven, „Religionsgemeinschaften im Wandel“, „Religion und Individuum“, „Religion in der Öffentlichkeit“, „Staat und Religion“ sowie „Religion und Sozialisation“ erarbeiten sie ein breites Spektrum von Forschungserkenntnissen. Sie befassen sich mit christlichen, jüdischen, muslimischen, buddhistischen, hinduistischen und anderen Erscheinungsformen der religiösen Gegenwartskultur. Das Themenspektrum reicht von der öffentlichen Präsenz von Religionsgemeinschaften über die Wahrnehmung von Religionskonflikten in den Medien und den ökonomischen Nutzen und die Kosten der Kirchen für die Schweizer Gesellschaft bis zur Präsenz unterschiedlicher Religionen in Schweizer Gefängnissen. Auch die wissenschaftlichen Zugänge sind verschieden. Sie umfassen sowohl Grundlagenforschung, etwa eine Erhebung über individuelle Religiosität im sozialen Wandel, als auch anwendungsnahe Fragestellungen, z.B. zur Frage: „Sollen Imame und islamische Religionslehrer in der Schweiz ausgebildet werden?“

Querschnittsthema „Religion und Werte“

Als ein wesentliches Querschnittsthema hat sich der Zusammenhang zwischen Religion und Werten in Staat und Gesellschaft herausgeschält. Unter dem Titel: „Die Rolle der Religionen bei der Konstituierung



von Werten in der Schweiz“ bewilligte der Schweizer Nationalfonds jüngst ein Syntheseprojekt zum NFP 58, das an meinem Lehrstuhl in Zusammenarbeit mit dem Observatoire des religions en Suisse in Lausanne (Prof. Dr. Jörg Stolz) durchgeführt wird. Mittels einer Sekundäranalyse und zusätzlichen eigenen Datenerhebungen wird auf der Grundlage des bisher Erarbeiteten gefragt, wie in der Schweiz Religionen auf Wertorientierungen Einfluss nehmen und umgekehrt. Erzeugt die Anwesenheit unterschiedlicher und teils konkurrierender Religionen eine Sprengkraft, die den Zusammenhalt des Staates gefährdet, oder tragen sie zu diesem Zusammenhalt bei? Welche Bedürfnisse und Schwierigkeiten haben Religionsgemeinschaften im Verhältnis zum Staat und in der Gesellschaft, und wie kann staatliches Handeln darauf reagieren? Welche Interessen vertritt andererseits der Staat gegenüber Religionsgemeinschaften, und wie kann er sie durchsetzen? Welche Wertorientierungen vertreten Individuen, die sich selbst



als religiös bezeichnen, und wie begründen sie diese? Solche Themen sind von hoher Relevanz, wie z.B. eine aktuelle Volksabstimmung über die Frage zeigt, ob der Bau von Minaretten in der Schweiz verboten werden soll.

Die Ergebnisse des Projekts werden in enger Zusammenarbeit mit Vertretern Schweizerischer Bundesbehörden, u.a. dem Bundesamt für Justiz, und anderen staatlichen und gesellschaftlichen Institutionen diskutiert, um so die Erkenntnisse des Nationalen Forschungsprogramms in die Sphäre der politischen und gesellschaftlichen Akteure zurückzuspiegeln. Das Projekt hat eine Laufzeit bis Ende 2011. ■

Religiöse Feste – wie das jüdische Chanukka-Fest – sind elementar für die Entwicklung religiöser Identität und das Fortbestehen religiöser Tradition.

Alles ist Zahl

Mathematik trifft Kunst

Mathematik ist für den Schweizer Künstler Eugen Jost „ein riesengroßer Garten mit vielen Pflanzbeeten, die verbunden sind durch breite Wege und verschlungene Pfade. Ich bewege mich in diesem Garten als Blumenfreund und nicht als Gärtner, schon gar nicht als Biologe. Ich pflücke mir bunte Sträuße und sammle seltene Blumen. Diese Blumen und Sträuße sind Inhalt meiner Bilder“.

Gerade in Schulen wird diese andere Sichtweise auf mathematische Themen gerne als Ergänzung zum traditionellen Unterricht aufgegrif-

spielt von Mathematik und Kunst wider. Ausstellungskonzepte sowie erläuternde Texte zu den Bildern Eugen Josts entstanden am Lehrstuhl für Mathematik und ihre Didaktik der Universität Bayreuth. Die Bilder machen neugierig auf Mathematik; Betrachter – unabhängig von Alter und Vorbildung – entdecken, wie vielseitig und spannend mathematische Ausflüge sein können. Die Texte zu den Bildern geben kurze Informationen bzw. weitere Denkanstöße und regen oftmals zu einer in-

Motive hin wie beispielsweise „Platonische Körper“, „Euler nach Basel tragen“ oder „Fibonacci meets Pythagoras“; zuweilen mutet die Jostsche Diktion recht seltsam an: „Das Ronde passt ins Eckige“, „Spring, SUMER, Winter and Fall“ oder „Sommergewitter“. Diese und sechs weitere Bilder finden sich im neuen Mathematik-Kunst-Kalender für das Jahr 2010. Unterschiedliche Motiv- anordnungen und Muster, gezielt eingesetzte Farbabstufungen sowie oftmals üppige Farben kennzeichnen die Kalendervorderseiten. Einen Kontrast in „black and white“ bieten die von Peter Baptist und Carsten Miller gestalteten Rückseiten: Schrift und Graphik in Weiß auf schwarzem Hintergrund. Die Texte dienen somit nicht nur zur Erläuterung bzw. zur Ergänzung der Bildmotive Josts, sondern sie können auch als eigenständige Einheit betrachtet werden.

Die Verbindung von Mathematik und Kunst ist ein essentieller Bestandteil des Projekts „Alles ist Zahl – Mathematik im Kontext“, gefördert vom Arbeitgeberverband Gesamtmetall. Ziel und Zweck des neuen Mathematik-Kunst-Kalenders ist es, das Thema Mathematik in der Öffentlichkeit positiv und anschaulich zu präsentieren. Dies geschieht u. a. im Rahmen von Vorträgen und zahlreichen bundesweiten Lehrerfortbildungsveranstaltungen. Die bisherige Resonanz sowie die Anzahl der Kalenderbestellungen zeigen deutlich, dass auch von den neuen Bildern und Texten wiederum anregende Impulse für mathematische Aktivitäten unterschiedlichster Art ausgehen. ■



fen, und zwar gleichermaßen von Lehrern und von Schülern. Eine seit zwei Jahren durch Deutschland tourende Wanderausstellung sowie die im Oktober 2009 im Deutschen Technikmuseum Berlin eröffnete temporäre Mathematik-Kunst-Ausstellung spiegeln das ungebrochene Interesse an dem Zusammen-

Auch mit seinen neu entstandenen Bildern unternimmt Eugen Jost weiterhin ausgedehnte Streifzüge im Garten der Mathematik. Unermüdlich erforscht er auch komplexeres Terrain. Virtuos kombiniert er seine Neuentdeckungen mit bewährten Themen. Die Titel der Bilder weisen manchmal auf mathematische

Verbindung zwischen Universität und Region stärken

Der Vorsitzende des Universitätsvereins, Horst Eggers, zieht Bilanz für das Jahr 2009

Der Universitätsverein Bayreuth e. V. wurde von 1995 bis 2008 von Dipl.-Ing. Wolfgang Ramming mit großem persönlichen Engagement äußerst erfolgreich geleitet. Nach langer mit großer Geduld ertragener Krankheit ist Dipl.-Ing. Wolfgang Ramming am 14. November 2009 verstorben. Sein Tod bedeutet für den Universitätsverein und für die Universität Bayreuth den schmerzlichen Verlust eines hoch angesehenen Förderers und Freundes, der durch seine vielfältigen Initiativen maßgeblich dazu beigetragen hat, die Universität Bayreuth in der Region zu verankern. Sein Wirken wird den Mitgliedern und dem geschäftsführenden Vorstand des Universitätsvereins Bayreuth Vorbild und Ansporn sein.

Nachdem mich die Mitgliederversammlung am 26. Mai 2008 zum 1. Vorsitzenden des Universitätsvereins Bayreuth gewählt hat, habe ich mich gemeinsam mit dem geschäftsführenden Vorstand seit dieser Zeit bemüht, die anstehenden Aufgaben des Vorsitzenden des Universitätsvereins sowohl im repräsentativen als auch im administrativen Bereich zu erfüllen.

Ich habe dabei feststellen können, dass der Universitätsverein seine satzungsgemäßen Aufgaben in hervorragender Weise erfüllt. Dies gilt für die Förderung von Wissenschaft und Forschung, insbesondere durch finanzielle und ideelle Förderung der wissenschaftlichen Tätigkeit und der Forschungstätigkeit der Universität Bayreuth, dies gilt aber auch für die Förderung von Bildung und Erziehung im Rahmen der Studentenhilfe, vor allem durch Gewährung von Stipendien, von Zuschüssen an studentische Einrichtungen und um die Förderung der Teilnahme von Studenten an universitären und wissenschaftlichen

Veranstaltungen wie auch um die Förderung der Verbindung zu den Absolventen der Universität.

Im Jahr 2009 wurde in insgesamt fünf Sitzungen des geschäftsführenden Vorstandes eine Reihe von Projekten mit einer Gesamtförder-summe von rund 40.000 EURO bewilligt. Darunter fielen z. B. die Förderung der Kinder-Universität, des 1. Bayreuther Ökonomie- und Alumni-Kongresses, die Durchführung eines Musiktheater-Symposiums, Stipendien für Studenten, Teilnahme an Konferenzen im Ausland, Informationstage für Schüler, Preise für die Mathematik-Olympiade oder aber auch die Verleihung des Wissenschaftspreises des Universitätsvereins Bayreuth.

Neben diesen fiskalischen Aufgaben ist es mir auch ein Anliegen, die Verbindungen der Universität Bayreuth mit der Gesellschaft unserer Region, mit den Bürgern im sozialen, kulturellen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Umfeld zu pflegen und weiter zu verstärken.



Der Universitätsverein ist auch eine Art Brücke zwischen Universität und Wirtschaft in unserer Region. Es gibt bereits ein hervorragendes Netzwerk für Forschungs- und Anwendungskontakte zwischen der Universität und den Unternehmen in der Region. Ein funktionierender Wissenstransfer Hochschule – Wirtschaft ist und bleibt eine der wichtigsten Voraussetzungen für die schnelle Umsetzung von neuem Wissen, neuen Technologien, Materialien und Verfahren in marktfähige Produkte und Dienstleistungen. Je besser dieser Wissenstransfer organisiert ist, desto besser geht es auch dem Wirtschaftsstandort Oberfranken, besonders in diesen schwierigen Zeiten, die wir derzeit erleben. Es gibt also ein reiches Spektrum der Zusammenarbeit zwischen Universität und Wirtschaft, das es weiter zu verstärken gilt. ■

Der 4. Tag der Mathematik

Obwohl das Organisationsteam mit wachsenden Teilnehmerzahlen gerechnet hat, wurden alle Erwartungen weit übertroffen: mit fast 300 Teilnehmern wurde der bisherige Rekord (145 Teilnehmer) so gut wie verdoppelt. Die Begeisterung darüber bei allen an der Vorbereitung beteiligten Personen - immerhin an die 70 Professoren, Mitarbeiter und Studierende - war natürlich groß, stellte aber alle in den letzten Tagen noch vor eine nicht unerhebliche Herausforderung. Die Planung musste dem Ansturm der Anmeldungen angepasst werden. So musste zum Beispiel einen Tag vorher die ganze Raumplanung noch einmal überarbeitet werden.

Neuerungen im Konzept

Die bewährte Grundkonzeption der vorangegangenen Jahre wurde auch dieses Jahr im wesentlichen beibehalten, es gab jedoch auch einige Neuerungen.

So hat uns Valentina Grassini ein Maskottchen kreiert, das Mathemonster, welches auf Urkunden, T-Shirts und Umängetaschen, die jeder Teilnehmer bei der Anmeldung als Präsent erhielt, zu sehen ist.

Außerdem hatte jeder, unabhängig vom Ausgang des Wettbewerbs, die Chance auf einen Sachpreis aus der Tombola. Für die besten Teams gab es Geldpreise und Gutscheine für Betriebsbesichtigungen.



Viele Sponsoren aus der Region

Dies ist natürlich nur möglich gewesen durch die großzügige Unterstützung von vielen Sponsoren, denen wir noch einmal ganz herzlich für ihre Spenden danken möchten.

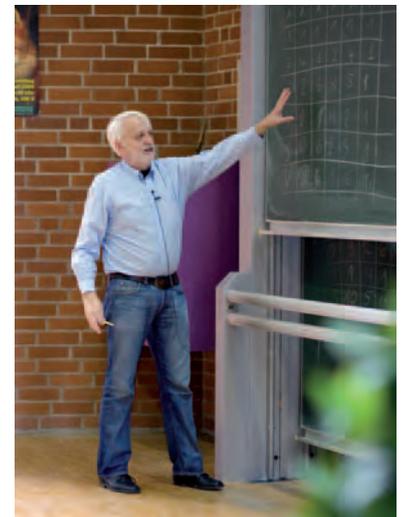
Wettbewerb für alle Schüler

Am Vormittag fand wie bisher jedes Jahr der Schülerwettbewerb in vier Alterstufen statt. 284 Schüler und Schülerinnen in 73 Teams traten diesmal an. Nach einer Coaching-Phase durch Mitarbeiter und Studierenden des Mathematischen Instituts machten sich die Teilnehmer an die Arbeit. Die Aufgaben waren wieder so gewählt, dass sie nicht durch aus der Schule bekannten Schemata gelöst werden konnten, sondern eine kreative Vorgehensweise und eigene Ideen erforderlich waren.

Begleit-Programm

Parallel zum Wettbewerb gab es drei Vorträge für begleitende Eltern, Lehrer und alle anderen Interessierten. Prof. Dr. Rambau (Universität Bayreuth) begann seinen Vortrag mit der wahrscheinlich allen Eltern bekannten Überlegung, wie man entscheidet ob ein (Kinder)puzzle, das

die lieben Kleinen natürlich wieder mal auf dem Boden verstreut liegen haben lassen, vollständig ist. Er erläuterte, wie diese Frage mit einem der sieben, mit einem Preisgeld von je 1 Mio. Dollar dotierten Millenniumsproblemen der Mathematik zusammenhängt.



Dr. Meringer (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Köln) erklärte wie Mathematik hilft, Umweltschäden und -gefährdungen zu überwachen und aufzudecken. Dabei ging es einerseits um Fernerkundung der Erdatmosphäre durch Satelliten und andererseits um die Erkennung unbekannter, möglicherweise gefährlicher, chemischer Verbindungen.

Der Vortrag von Prof. Dott. Catanese (Universität Bayreuth) begann mit vielen Bildern von Zöpfen. Erstaunlich, aber wahr: Das sind wichtige mathematische Objekte, wenn man einmal weiß, wie man damit rechnet. Aber nicht nur in der Mathematik sind Zöpfe von Bedeutung, sie sind auch hilfreich für viele Anwendungen, z. B. in der Kryptographie oder Mustererkennung.



bricht Rekorde



Die Verpflegung hat trotz des unerwarteten Ansturms gereicht

Um die Mittagszeit wurde natürlich für das leibliche Wohl gesorgt. Die Teilnehmer erhielten Gutscheine für Getränke und einen Imbiss. Die Kaffee- und Kuchentheke war den ganzen Tag geöffnet und gut besucht.

Während im Eiltempo korrigiert wurde ...

stieg am Nachmittag die Spannung. Jeder Wettbewerbsteilnehmer wartete gespannt auf die Ergebnisse seiner Anstrengungen. Die Zeit bis dahin gestaltete sich kurzweilig. Es gab Mathematik zum Mitmachen in drei Labors:

• Das Optimierungslabor:

hier wurden zu verschiedenen Problemstellungen, z. B. Sudoku oder Tanzpartnersuche, mathematische Modelle entworfen, auf dem Computer implementiert und damit optimale Lösungen gefunden.

• Das Kryptographielabor:

hier wurden verschiedene Techniken zur Verschlüsselung von Nachrichten vorgestellt. Die Teilnehmer konnten Texte selbst verschlüsseln und versuchen verschlüsselte Texte zu entziffern.

• Platonische Körper basteln:

hier wurden geometrische Körper, wie Tetraeder, Oktaeder usw. aus Papier bzw. aus Strohhalmen und Fäden gebastelt. So konnte man die

Geometrie und die Symmetrien dieser schönen Körper anschaulich begreifen (und das Ergebnis mit nach Hause nehmen).

Auch am Nachmittag gab es interessante Vorträge

Prof. Dr. Grunewald (Universität Düsseldorf) führte durch 2000 Jahre mathematischer Forschung über die Bausteine der natürlichen Zahlen, die Primzahlen. Auch sie sind eng verbunden mit einem der Millenniumsprobleme, der berühmten Riemannschen Vermutung, die seit 150 Jahren allen Versuchen, sie zu knacken, widersteht.

Prof. Dr. Kreck (Universität Bonn) referierte über die Frage, ob man Mathematik hören könne. Er erklärte die mathematische Idee, die hinter fehlerkorrigierenden Codes steht, welche heutzutage bei digitaler Speicherung von Musik zur Anwendung kommen. Er begann und beendete seinen Vortrag jeweils mit einem auf dem Cello vorgetragenen Musikstück.

Endlich Preisverleihung - aber wo?

Um 15.30 war es endlich so weit. Die Preisverleihung sollte beginnen.



Bis dahin war das Organisations-team unentschlossen wo diese stattfinden sollte.

Der Hörsaal H18, wo sie in den Vorjahren immer abgehalten wurde, war zu klein. Also wollte man in den Innenhof des Mathematischen Instituts ausweichen. Aber das Wetter war unbeständig. Immer wieder gab es Regenschauer. Am Himmel waren gerade wieder dunkle Wolken, aber auch ein wenig Sonne kam durch. Kurzentschlossen wurden alle Teilnehmer in den Innenhof gebeten. Auch wenn es ein paar Regentropfen gab, war es doch ein schönes Bild: so viele Schüler im abgestuften Innenhof. Die Gewinner des Teamwettbewerbs wurden geehrt und die Geldpreise sowie die Betriebsbesichtigungen wurden übergeben.

Auf Wiedersehen im nächsten Jahr

Die Organisatoren, Prof. Ingrid Bauer, Prof. Michael Stoll und Mitarbeiter, sind glücklich und stolz über den großartigen Erfolg dieser Veranstaltung. Die Fortsetzung dieser Erfolgsgeschichte steht schon fest: Der 5. Tag der Mathematik findet am Samstag, 10. Juli 2010, statt. Alle Informationen über die vergangenen und bald über den nächsten Tag der Mathematik stehen unter www.tdm.uni-bayreuth.de



