

## ARBEITSKREIS ENERGIE (AKE)

Prof. Dr. Martin Keilhacker  
Kapellengartenstr. 11  
D-81247 München  
E-Mail: Martin.Keilhacker@SoftDesign.de

EINFÜHRUNG: Die Sicherstellung unserer Energieversorgung unter gleichzeitiger Wahrung der globalen Klimaschutzbelange stellt eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts dar. Sie kann nur durch einen intelligenten Energiemix gemeistert werden, der sich aus Energiesparen, „sauberen“ fossilen Brennstoffen, inhärent sicherer Kernenergie und dem forcierten Einsatz erneuerbarer Energien zusammensetzt und an dessen Ende eine ausgeprägte Solarenergiewirtschaft steht. Einige dieser Energiesysteme werden im Folgenden angesprochen und hinterfragt.

### ÜBERSICHT DER HAUPTVORTRÄGE UND FACHSITZUNGEN (Hörsäle 221 (Mo und Di) und 109 (Do))

#### Hauptvorträge

AKE 1.1	Mo	11:00	(HS 221)	<b>Weltweite Perspektiven der Kohle – Klimabedrohung oder Entwarnung?</b> , <u>Eberhard Jochem</u>
AKE 1.2	Mo	11:45	(HS 221)	<b>CO<sub>2</sub> Capture and Storage – An Update on Ongoing European R&amp;D</b> , <u>Tore A. Torp</u>
AKE 2.1	Mo	14:00	(HS 221)	<b>Windenergie hilft dem Klima und belebt die Wirtschaft</b> , <u>Udo Paschedag</u>
AKE 2.2	Mo	14:45	(HS 221)	<b>Die technisch-wirtschaftliche Entwicklung der Windenergie – Rückblick auf die letzten 10 Jahre und Ausblick auf die zukünftigen Entwicklungen</b> , <u>Andreas Düser</u>
AKE 2.3	Mo	15:30	(HS 221)	<b>Netzeinspeisung aus zeitlich fluktuierenden Quellen</b> , <u>Helmut Alt</u>
AKE 3.1	Di	11:00	(HS 221)	<b>Der „European Pressurized Water Reactor“ (EPR) und sein Sicherheitskonzept</b> , <u>Ulrich Krugmann</u>
AKE 3.2	Di	11:45	(HS 221)	<b>Theoretical Understanding of Burning Thermonuclear Plasmas</b> , <u>A. G. Peeters</u>
AKE 4.1	Di	12:30	(HS 221)	<b>Methanhydrate vom Meeresboden – Illusion oder Option auf eine potentielle Energiequelle</b> , <u>Gerhard Bohrmann</u>
AKE 5.1	Do	11:00	(HS 109)	<b>Biokraftstoffe aus Algen – Photobiologische Wasserstoffproduktion und CO<sub>2</sub>-Fixierung</b> , <u>Thomas Happe</u>
AKE 5.2	Do	11:45	(HS 109)	<b>Alternative Treibstoffe zur Sicherung der Energieversorgung und der Umwelt</b> , <u>Franz X. Söldner</u>
AKE 5.3	Do	12:30	(HS 109)	<b>Energy Conversion in Fuel Cells and Processes in Nanometric Dimensions</b> , <u>Ulrich Stimming</u>
AKE 6.1	Do	14:30	(HS 109)	<b>CO<sub>2</sub>-Einsparung bei Gebäuden: Vakuumisolation für Alt- und Neubau</b> , <u>Jochen Fricke</u> , Hubert Schwab, Andreas Beck

#### Fachsitzungen

AKE 1	„Saubere“ Kohle	Mo	11:00–12:30	HS 221	AKE 1.1–1.2
AKE 2	Windkraft	Mo	14:00–16:15	HS 221	AKE 2.1–2.3
AKE 3	Kernenergien	Di	11:00–12:30	HS 221	AKE 3.1–3.2
AKE 4	Energiewirtschaft I	Di	12:30–13:15	HS 221	AKE 4.1–4.1
AKE 5	Alternative Treibstoffe	Do	11:00–13:15	HS 109	AKE 5.1–5.3
AKE 6	Energieeinsparung bei Gebäuden	Do	14:30–16:00	HS 109	AKE 6.1–6.4
AKE 7	Energiewirtschaft II	Do	16:30–17:45	HS 109	AKE 7.1–7.4

# Fachsitzungen

– Haupt-, Fach- und Kurzvorträge –

## AKE 1 „Saubere“ Kohle

Zeit: Montag 11:00–12:30

Raum: HS 221

### Hauptvortrag

AKE 1.1 Mo 11:00 HS 221

**Weltweite Perspektiven der Kohle – Klimabedrohung oder Entwarnung?** — ●EBERHARD JOCHEM — Rat für Nachhaltige Entwicklung — Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe

Mit der Bereitstellung von Energie werden Werte für zukünftige Generationen geschaffen, aber auch fossile Ressourcen mit derzeit rund 80% am Weltenergiebedarf unwiederbringlich verbraucht und Emissionen mit dauerhaften Auswirkungen auf Gesundheit und Klima freigesetzt. Die Energiewirtschaft ist ein Kernbereich der Nachhaltigkeitspolitik. Am Beispiel der Kohle hat der Rat für Nachhaltige Entwicklung der Bundesregierung energiepolitische Leitlinien verabschiedet. Denn dieser Energieträger steht einerseits wegen großer Verfügbarkeit, in Deutschland und weltweit, andererseits wegen hoher Umwelt- und Klimabelastung kontinuierlich in der Diskussion. Selbst bei den notwendigen, großen Anstrengungen, Energie im gesamten Energienutzungssystem wesentlich effizienter zu nutzen und regenerative Energien mehr einzusetzen, ist weltweit von einem steigenden Einsatz der Kohle in den nächsten Jahrzehnten auszugehen. Aber bereits die heutige Nutzung fossiler Energiequellen müsste in den kommenden 50 Jahren so gestaltet werden, dass die derzeitigen CO<sub>2</sub>-Emissionen weltweit halbiert werden, um die nachteiligen Wirkungen eines Klimawandels zu begrenzen. Daher ist eine Strategie zu entwickeln, wie dieser Energieträger Teil einer nachhaltigen Energiewirtschaft werden kann. Eine Erhöhung der Kraftwerkseffizienz um einige Prozentpunkte auf über 50 % wird nicht ausreichen, um den absehbar steigenden internationalen Klimaschutzanforderungen gerecht zu werden. Die Abscheidung und Lagerung von CO<sub>2</sub> kann einen möglicherweise unverzichtbaren Beitrag zum Klimaschutz leisten. Hinsichtlich Kostenreduzierungen bei Rückhaltung, Transport, und Lagerung und bei der Verfügbarkeit sicherer Lager sind heute intensive Forschungsinvestitionen nötig, um die Option von „sauberen“ Kohlekraftwerken in 20 Jahren zu erlangen. In einer nachhaltigen Energiewirtschaft kann die Kohle nur auf diese Weise langfristig eine Rolle spielen. Industriestaaten wie Deutschland stehen daher in der Pflicht, eine energietechnische Gesamtvision und eine Innovationspolitik zu entwickeln, um diese Chance nutzen zu können.

### Hauptvortrag

AKE 1.2 Mo 11:45 HS 221

**CO<sub>2</sub> Capture and Storage – An Update on Ongoing European R&D** — ●TORE A. TORP — Statoil Research Centre, Rotvoll, N-7005 Trondheim, Norway

At the Sleipner gas field in the North Sea, CO<sub>2</sub> has been stripped from the produced natural gas and injected into an overlying aquifer since 1996. Since then, nearly 7 million tonnes of CO<sub>2</sub> have been injected without any significant operational problems. The Sleipner project is the first commercial application of CO<sub>2</sub> storage in deep saline aquifers in the world. To monitor the injected CO<sub>2</sub>, a separate EU supported project (Saline Aquifer CO<sub>2</sub> Storage, SACS) was established in 1998. Since 2003 the third phase, studying the long term behaviour of CO<sub>2</sub> at Sleipner and making a feasibility study of four other possible European storage sites, is ongoing.

The CO<sub>2</sub> at Sleipner is injected into a large high permeability sand body (between 850 and 1500m deep, occupying 2.5 x 10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>) which is overlaid by a thick shale succession. Shales have very low permeability and are expected to provide an effective seal to the injected CO<sub>2</sub>. As concluded by the 6 European Geo-science Institutes involved in SACS, there is every reason to expect the CO<sub>2</sub> to stay there the next few thousand years.

In the SACS project, time-lapse 3D seismic surveying has been used successfully to monitor the CO<sub>2</sub>. As expected, the injected CO<sub>2</sub> has migrated upwards towards the top of the reservoir. Simulation tools to describe the migration of the CO<sub>2</sub> have shown that they can well replicate the position of the CO<sub>2</sub> and can therefore also be used to simulate its future behavior.

In 2004 four new major EU supported RD projects will start covering a wide range of CO<sub>2</sub> management from new power station concepts to storage and the basic geo-science it builds on.

The Kyoto protocol and the EU Directive on emission trading will from 2005 put a price on CO<sub>2</sub> emissions. At the same time the oil and gas industry in the North Sea are coming to a development phase where by using CO<sub>2</sub> they can extract 5-10% more oil from fields having reached the later stages of production. This will create a market for CO<sub>2</sub>.

The presentation will finish with an indication of the cost to get the CO<sub>2</sub> from heavy industry and power stations on land to the offshore oil fields.

## AKE 2 Windkraft

Zeit: Montag 14:00–16:15

Raum: HS 221

### Hauptvortrag

AKE 2.1 Mo 14:00 HS 221

**Windenergie hilft dem Klima und belebt die Wirtschaft** — ●UDO PASCHEDAG — Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Alexanderplatz 6, D-10178 Berlin

Ziele der Bundesregierung: Bis Mitte des Jahrhunderts sollen die Erneuerbaren Energien rund die Hälfte des Energieverbrauchs decken. Die größten Ausbaupotenziale bestehen derzeit bei der Windenergie. Aus heutiger Sicht wird daher in den kommenden beiden Jahrzehnten der Ausbau der Windenergie an Land und auf See den größten Beitrag zur Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien leisten. Gemäß der Strategie der Bundesregierung zur Windenergienutzung auf See sind auf den aus heutiger Sicht voraussichtlich verfügbaren Flächen in Nord- und Ostsee bis 2025 bzw. 2030 etwa 20.000 bis 25.000 MW installierter Leistung möglich.

Klimaschutz und CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch Windenergie: Gegenwärtig werden durch die Windenergienutzung in Deutschland bereits rund 18,5 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr eingespart, d.h. mehr als 2% der gesamten CO<sub>2</sub>-

Emissionen in Deutschland. Dies unterstreicht in beeindruckender Weise, welche Bedeutung der weltweite Ausbau der Windenergie für den Klimaschutz haben könnte.

Wirtschaftlicher Nutzen der Windenergie: Die deutsche Windbranche hat im Jahr 2002 einen Umsatz von 3,5 Mrd. Euro erzielt. Die Windenergienutzung an Land ist mittlerweile zu einem festen Standbein für die Wirtschaftskraft in ländlichen Regionen geworden. Allein im Bereich der Windenergie gibt es derzeit rund 40.000 Arbeitsplätze (Erneuerbare Energien insgesamt: 130.000). Die Offshore-Windenergie bietet darüber hinaus große Chancen für die norddeutschen Küstenregionen. Nach Schätzungen des VDMA ist von einem Investitionsvolumen von ca. 40 Mrd. Euro und mehr als 10.000 neuen Arbeitsplätzen auszugehen. Werden externe Kosten der verschiedenen Energieträger berücksichtigt, so ergibt sich aus dem EEG und insbesondere durch die Windenergienutzung ein erheblicher volkswirtschaftlicher Nutzen.

Kosten der Windenergie: Die Einspeisevergütungen für Strom aus Erneuerbaren Energien werden über den Preis von den Stromverbrauchern und nicht aus Steuergeldern bezahlt. Die Kosten pro Jahr und Arbeits-

platz in der Windenergiebranche liegen bei 16.000-25.200 Euro (ein Arbeitsplatz in der Kohleindustrie kostet demgegenüber ca. 80.000 Euro). Durch die Einspeisevergütungssätze des EEG entstehen keine unzumutbaren Kostenbelastungen der Industrie und der Verbraucher. Für energieintensive Unternehmen sieht das EEG zur Entlastung eine Härtefallregelung vor. Auch die Kosten für die Stromverbraucher sind kaum spürbar. Für die gesamte EEG-Vergütung zahlt ein durchschnittlicher 3-Personen-Haushalt zur Zeit monatlich ca. 1 Euro. Regel- und Reserveenergie stellen jedoch ein nicht unbedeutendes Problem und einen entsprechenden Kostenfaktor dar. Bei einer weiteren Kostendegression der Windenergie, neuen notwendigen Investitionen in den deutschen Kraftwerkpark (40.000 MW müssen bis zum Jahr 2020 ersetzt werden), Neuordnung der Regelungen und steigenden Preisen für fossile Energien ist aber mittelfristig damit zu rechnen, dass Windenergie sich zu einer am Markt konkurrenzfähigen Energieform entwickelt.

**Hauptvortrag** AKE 2.2 Mo 14:45 HS 221

**Die technisch-wirtschaftliche Entwicklung der Windenergie – Rückblick auf die letzten 10 Jahre und Ausblick auf die zukünftigen Entwicklungen** — ●ANDREAS DÜSER — ENERCON GmbH, Vertriebsbüro Ense, Oesterweg 9, D-59469 Ense

Das Stromeinspeisungsgesetz sowie dessen Nachfolger, das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), haben seit über 10 Jahren gesicherte Rahmenbedingungen geschaffen, welche eine enorme technisch-wirtschaftliche Entwicklung im Bereich der regenerativen Energien, insbesondere der Windenergie, ermöglicht haben.

Zu Beginn der deutschen Windkraftentwicklung standen Anfang der 90er Jahre kleine Windenergieanlagen mit einer installierten Leistung von 55 kW und einem Rotordurchmesser von 16 m. Heute, nach etwas über 10 Jahren Entwicklungszeit, hat sich die installierte Leistung annähernd verhundertfacht und der Rotordurchmesser versiebenfacht.

Diese rasante Größenentwicklung hat an die Entwicklungsingenieure große Herausforderungen gestellt:

- Neue Anlagen- und Turmkonzepte mussten entwickelt werden.
- Der Materialeinsatz (z.B. Gusswerkstoffe) mußte optimiert werden, um die Gondelgewichte zu begrenzen.
- Grundlagenforschung war notwendig, um neue Materialien einsetzen zu können oder die sehr hohen Lastwechselspiele technisch in den Griff zu bekommen.

Die zukünftige Entwicklung der Windenergie-Technologie wird jedoch

zusätzliche Schwerpunkte setzen müssen: Neben einem erhöhten Kostendruck durch stärker sinkende Vergütungspreise spielen die Netze und deren Aufnahmekapazität eine immer gewichtigere Rolle. Neue Konzepte für die Einbindung von großen installierten Leistungen in die vorhandene Netzstruktur, wie z.B. die Regelbarkeit der Windparks, netzstützende Betriebsweisen bis hin zu Hochleistungsspeichern, welche die Spitzenenergie der Windenergieanlagen abfangen und für die Netzbetreiber abrufbar zwischenspeichern, sind in der Zukunft notwendig, um die Erfolgsgeschichte „Windenergie“ weiterschreiben zu können.

**Hauptvortrag** AKE 2.3 Mo 15:30 HS 221

**Netzeinspeisung aus zeitlich fluktuierenden Quellen** — ●HELMUT ALT — RWE Rhein-Ruhr AG, Neue Jülicher Straße 60, D-52353 Düren

Gemäß den Zielvorgaben der Bundesregierung im Entwurf eines Zweiten Gesetzes zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) soll der Anteil Erneuerbarer Energien am gesamten Energieverbrauch bis zum Jahr 2010 mindestens verdoppelt werden. In der Begründung wird konkret gefordert, den Anteil Erneuerbarer Energien am Stromverbrauch bis 2010 auf 12,5% und bis zum Jahr 2020 mindestens auf 20% zu erhöhen. Da die Wasserkraft als der bisherige dominante Träger der Stromerzeugung aus erneuerbarer Primärenergie hinsichtlich des verfügbaren Potenzials bereits seit vielen Jahrzehnten bei uns in Deutschland ausgeschöpft ist, kann der Zuwachs realistischer Weise nur aus dem Ausbau der Windkraft- und Biomassenutzung kommen. Die Stromerzeugung aus Windkraft hat mit rd. 4% in diesem Jahr den Anteil aus Wasserkraft überholt. Die Stromerzeugung aus Sonnenenergie mittels Fotovoltaikanlagen kann, trotz des erfolgreich abgeschlossenen 100.000 Dächer Solarstrom-Programms, nur einen marginalen Beitrag liefern. Die Zielsetzung (300 MW) wurde mit 350 MW (Einspeiseanteil rd. 0,06%) sogar überschritten, so dass die zukünftige Förderung nur noch nach den angepassten Vergütungssätzen im EEG erfolgt.

Im Vortrag wird die energiewirtschaftliche Bedeutung der fluktuierenden Einspeisungen aus der Windkraft an Hand gemessener Tagesganglinien analysiert und die daraus sich ergebenden Konsequenzen für den erhöhten Bedarf an kurzfristig aktivierbarer Regelleistung und Kraftwerksreserveleistungen dargestellt. Die sich aus der Systematik des EEG ergebende Zusatzbelastung für die Stromkunden aller Energieversorgungsunternehmen auf Basis eines Umlageverfahrens zur Finanzierung der über den Wettbewerbspreis für die Stromerzeugung liegenden Mindestvergütungen wird spezifiziert.

## AKE 3 Kernenergien

Zeit: Dienstag 11:00–12:30

Raum: HS 221

**Hauptvortrag** AKE 3.1 Di 11:00 HS 221

**Der „European Pressurized Water Reactor“ (EPR) und sein Sicherheitskonzept** — ●ULRICH KRUGMANN — Framatome ANP GmbH, D-91058 Erlangen

Der EPR ist eine organische Weiterentwicklung (begonnen 1989) der über viele Jahre bewährten Baureihen „Konvoi“ von Siemens und „N4“ von Framatome. Heute steht Framatome ANP vor dem Bau des ersten auf der Basis des EPR geplanten Kernkraftwerks, das am finnischen Standort Olkiluoto errichtet werden soll (der EPR wurde vom Bauherrn unter vier Alternativen ausgewählt).

In die Entwicklung des EPR gingen nicht nur die weltweit erprobte Technik der beiden Basisentwürfe ein, sondern auch die Erfahrungen aus dem langjährigen Betrieb einer großen Zahl von Kernkraftwerken, die Expertise der Gutachter und Genehmigungsbehörden in Deutschland und Frankreich sowie die Forschungsbeiträge der großen kerntechnischen Forschungszentren. Was den EPR besonders auszeichnet, ist seine Sicherheitstechnik, die hypothetische Störfälle nicht nur extrem unwahrscheinlich macht, sondern sie auch auf die Anlage selbst begrenzt. Das wurde möglich durch die Weiterentwicklung der schon bei herkömmlichen Kernkraftwerken bewährten Kombination aus naturgesetzlichen („inhärenten“) Sicherheitsmerkmalen mit technischen Vorrichtungen, die weitestgehend selbstständig sicherheitsgerichtet wirksam werden oder durch redundante und diversitäre Auslegung ein Ausfallen der zu gewährleisten Funktion unter jede praktisch relevante Wahrscheinlichkeit absenken.

Der EPR bildet das notwendige Bindeglied zwischen der heutigen Generation von Kernkraftwerken, die in den nächsten zwei Jahrzehnten ans Ende ihrer technischen Betriebsdauer kommen, und den noch im Experimentierstadium oder gar nur als Ideenskizze vorliegenden zukünftigen

Anlagen der „Generation IV“, die frühestens in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts zur Verfügung stehen werden. Die mit dem EPR gewonnenen Erfahrungen werden eine wichtige Voraussetzung für die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit dieser zukünftigen Kernkraftwerkstypen sein.

**Hauptvortrag** AKE 3.2 Di 11:45 HS 221

**Theoretical Understanding of Burning Thermonuclear Plasmas** — ●A. G. PEETERS — Bereich Theorie, MPI für Plasmaphysik, Boltzmannstr. 2, D-85748 Garching

The physics research connected with the development of nuclear fusion is multi-disciplinary, with elements of wave physics, kinetic theory, turbulence and plasma wall interaction. In this talk an overview of different areas is given with emphasis on the meaning for a reactor.

One of the areas in which theory has made progress is the influence of kinetic effects on large scale instabilities. These include the influence of the alpha particles which are the product of the fusion reactions as well as self-generated plasma currents that change the magnetic field topology. Both, unfortunately, open new channels through which the plasma can become unstable. The meaning of these instabilities is reviewed.

One of the most challenging problems since the early days of nuclear fusion research is the understanding of the particle and heat losses from the plasma. These transport processes are larger than expected, and are referred to as anomalous. For this reason reactor designs are based on empirical scaling laws. Recent developments in the understanding of transport processes have led to a more physics based approach. We are now able to predict core profiles with relatively good accuracy. The problem in predicting accurately the total stored energy is therefore shifted towards the prediction of the edge.

Zeit: Dienstag 12:30–13:15

Raum: HS 221

## Hauptvortrag

AKE 4.1 Di 12:30 HS 221

**Methanhydrate vom Meeresboden – Illusion oder Option auf eine potentielle Energiequelle** — ●GERHARD BOHRMANN — Fachbereich 5, Universität Bremen, D-28334 Bremen

Methanhydrate gehören chemisch zur Gruppe der Gashydrate, die eine feste Verbindung bilden, wenn Wasser und Gas bei hohem Druck und niedrigen Temperaturen miteinander reagieren. Die sich langsam durchsetzende Erkenntnis, dass natürliche Methanhydrate in großen Mengen existieren, erweckte in den letzten 10 Jahren das Interesse vieler Geowissenschaftler. Wichtige Fragestellungen dabei sind die mögliche Nutzung als zukünftige Energieressource, die Wechselwirkung der Methanhydrate mit dem Klima, ihre Einbindung in den Kohlenstoff-

kreislauf sowie ihre Bedeutung bei einer ganzen Reihe von geologisch-biologisch-geochemischen Prozessen vor allem im marinen Bereich. Diese grundlegenden Fragen und angewandte Problemstellungen, wie z.B. die Gründung von Förderplattformen für Öl und Erdgas in gashydratführenden Sedimenten führte gegen Ende des 20ten Jahrhunderts dazu, dass viele Länder nationale Forschungsprogramme zur Untersuchung von Gashydratfragen aufgelegt haben. Obwohl es bei der globalen Bilanzierung noch Unsicherheiten gibt und andere Kohlenstoffspeicher unberücksichtigt bleiben, wird heute allgemein von einer Größenordnung um 10.000-12.000 Gigatonnen Kohlenstoff, der in Gashydraten gebunden ist, ausgegangen. Dies übersteigt die Kohlenstoffmenge der zur Zeit bekannten Vorkommen fossiler Brennstoffe bei weitem und stellt somit ein Potenzial für die Zukunft dar.

## AKE 5 Alternative Treibstoffe

Zeit: Donnerstag 11:00–13:15

Raum: HS 109

## Hauptvortrag

AKE 5.1 Do 11:00 HS 109

**Biokraftstoffe aus Algen – Photobiologische Wasserstoffproduktion und CO<sub>2</sub>-Fixierung** — ●THOMAS HAPPE — Ruhr-Universität-Bochum, Biochemie der Pflanzen, AG Photobiotechnologie, D-44780 Bochum

Molekularer Wasserstoff (H<sub>2</sub>) gilt als idealer Energieträger der Zukunft. In Kombination mit effizienten Brennstoffzellen liefert seine Verbrennung umweltfreundlich erzeugte Elektrizität. Bisher wird H<sub>2</sub> aus fossilen Energieträgern wie Erdöl gewonnen. Deren Reserven sind allerdings begrenzt, und ihre Verwendung widerspricht dem Gedanken der regenerativen Energiegewinnung. Eine Möglichkeit zur umweltschonenden Gewinnung des Gases ist die biologische H<sub>2</sub>-Erzeugung durch Mikroorganismen. Photobiologische Produktion von Wasserstoff durch Algen verspricht eine regenerative Energiequelle aus den in der Natur am meisten vorkommenden Reserven, nämlich Licht und Wasser, wobei Algen in der Nutzung der Sonne als Energiespender höchst erfolgreich sind.

Unsere Arbeitsgruppe befasst sich mit der H<sub>2</sub>-Produktion durch einzellige Grünalgen. Diese Algen haben die geringsten Nährstoffansprüche überhaupt und wachsen im Licht auf rein anorganischem Medium. Algenzellen der Spezies *Chlamydomonas reinhardtii* enthalten besondere Enzyme, sogenannte Hydrogenasen, die molekularen H<sub>2</sub> mit einer hohen Effizienz bilden. Unter normalen Wachstumsbedingungen kommen diese sauerstofflabilen Enzyme nicht zum Einsatz. Vor kurzem wurde jedoch ein System entwickelt, das eine langfristige H<sub>2</sub>-Produktionsphase der Algen ermöglicht. Durch einen speziellen Trick (Entzug von Schwefel) kann man die Algen dazu bringen, große Mengen an Wasserstoffgas zu produzieren. Das Entziehen des Nährstoffs Schwefel bewirkt eine metabolische Anpassungsstrategie der Zellen, die in einer lichtabhängigen Produktion von nahezu reinem H<sub>2</sub>-Gas resultiert. Bisher wurde dieses System lediglich im Labormaßstab etabliert. Dabei konnte eine Produktionsrate von ca. 1 Liter H<sub>2</sub> pro Tag und 4 Liter Algenkultur erzielt werden. Durch Selektion neuartiger Algen könnte eine Erhöhung der Rate um das 10-100 fache gelingen.

Algen produzieren aber nicht nur Wasserstoff, sondern können auch als schnellwachsende Biomasse genutzt werden, um neuartige Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren zu entwickeln. Die Biomasse „Alge“ speichert eine große Menge Kohlenstoff aus dem CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft und steht somit für die Erzeugung von flüssigen CO<sub>2</sub>-neutralen Kohlenwasserstoffen zur Verfügung.

## Hauptvortrag

AKE 5.2 Do 11:45 HS 109

**Alternative Treibstoffe zur Sicherung der Energieversorgung und der Umwelt** — ●FRANZ X. SÖLDNER — Europäische Kommission, Rue de Mot 28, B-1040 Brüssel

Die Europäische Kommission hat in den Rahmenpapieren zur europäischen Energie- und Verkehrspolitik ein Ziel von 20% Marktanteil für alternative Treibstoffe zum Jahr 2020 vorgegeben. Angestrebt wird damit Verbesserung der Sicherheit der Energieversorgung durch Öl-Substitution und Verringerung der Treibhausgasemissionen. Bio-Treibstoffe, Erdgas und Wasserstoff wurden als Hauptträger benannt. Deren technische, wirtschaftliche und ökologische Entwicklungsperspektiven wurden von einer europäischen Expertengruppe ausführlich untersucht. Ergebnisse werden

in diesem Vortrag berichtet.

Biomasse kann über neue Verfahrenstechnologien mit hoher Ausbeute zu flüssigen Treibstoffen verarbeitet werden und könnte zu einem Grundsockel Treibhausgas-freier Eigenversorgung aufgebaut werden. Erdgas ermöglicht eine Diversifizierung der Energiequellen und reduzierte Treibhausgasemissionen, mit künftig erwarteter Technologie 16% gegenüber Benzinautos und 13% gegenüber Dieselaautos. Bei breiter Markteinführung könnte Erdgas im Transportsektor wirtschaftlich voll konkurrenzfähig werden. Wasserstoff könnte als möglicher universeller Energieträger alle verfügbaren, insbesondere die erneuerbaren Energiequellen, erschließen und Treibhausgasemissionen erheblich vermindern. Wasserstoffverbrennungsmotoren könnten die Markteinführung von Wasserstofffahrzeugen vorantreiben. Brennstoffzellensysteme bieten die Perspektive eines gegenüber thermischen Verbrennungsmaschinen deutlich höheren Wirkungsgrads. Europäische Demonstrationsprojekte sollen die wesentlichen Elemente einer Wasserstoffwirtschaft zur Marktreife entwickeln.

## Hauptvortrag

AKE 5.3 Do 12:30 HS 109

**Energy Conversion in Fuel Cells and Processes in Nanometric Dimensions** — ●ULRICH STIMMING — Department of Physics, E19: Interfaces and Energy Conversion, Technische Universität München — Bavarian Center for Applied Energy Research (ZAE), D-85748 Garching

Fuel cells are currently considered an important technology being able to save primary energy and reduce emissions associated with energy conversion. In addition, they may be ideally suited for energy conversion in a future hydrogen based energy economy. Currently, fuel cells are developed for stationary applications in large power plants but also for residential power, for vehicles in road traffic and also for portable applications to potentially replace rechargeable batteries.

There are various types of fuel cells ranging from low temperature cells such as the Proton Exchange Membrane Cell (PEMFC) operating between 50 and 100 °C and high temperature cells such as the Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) with temperatures up to 1000 °C. The functional layers of electrodes and electrolyte have a typical thickness in the range between  $\mu\text{m}$  and some hundred  $\mu\text{m}$  but are often composite materials in themselves. A typical example is the PEMFC where the electrode is made up of a carbon diffusion layer with carbon supported noble metal catalysts, the latter being of nm sized particles.

It is thus important to understand electrochemical reactivity on small particles of nanometric dimensions. This was investigated using colloidal particles of Pt on Au(111) with respect to CO-oxidation which is important if a carbon containing fuel is used in fuel cell operation which has to be reformed which in turn produces CO in the feed-gas. Electrochemical measurements and spectroscopic results suggest a pronounced particle size dependence emphasizing the solid state physics in the energy conversion process in nanometric dimensions. Experimental results are, however, obscured by agglomeration of single particles leading to an actually broad size distribution of reacting particles.

In order to better understand such an influence of particle size a novel all-in-situ technique using a scanning tunneling microscope was developed that allows the preparation, structural characterization and investigation of the reactivity of a single particle. Pd-particles having a size

in the range of a few to some hundred nm were investigated regarding hydrogen evolution. A pronounced effect of size was found with smaller particles being more reactive by orders of magnitude as compared to bulk

flat surfaces.

These results are discussed in terms of their relevance for fuel cell operation and possible conclusions regarding the design of fuel cells.

## AKE 6 Energieeinsparung bei Gebäuden

Zeit: Donnerstag 14:30–16:00

Raum: HS 109

### Hauptvortrag

AKE 6.1 Do 14:30 HS 109

**CO<sub>2</sub>-Einsparung bei Gebäuden: Vakuumisolation für Alt- und Neubau** — ●JOCHEN FRICKE, HUBERT SCHWAB und ANDREAS BECK — ZAE Bayern, Am Hubland, D-97074 Würzburg

Knapp ein Drittel des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in Deutschland entfällt auf die Raumheizwärme, wozu insbesondere die ca. 23 Millionen Altbau-Wohnheiten mit einem spezifischen Heizenergieeinsatz von teilweise über 300 kWh pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr beitragen. Im Hinblick auf die Zunahme der CO<sub>2</sub>-Konzentration in unserer Atmosphäre auf heute bereits 375 ppm (d.h. + 34% seit 1850) sind hier u.a. effiziente Wärmedämm-Maßnahmen am Gebäudebestand dringend erforderlich und sollten durch staatliche Förderung forciert werden. Das ZAE Bayern hat in den vergangenen Jahren die Entwicklung und den Einsatz von hocheffizienten Vakuumisulationspaneelen (VIP) betrieben. VIPs dämmen bei vergleichbarer Dicke rund zehnmal besser als konventionelle Dämmstoffe. VIPs bestehen aus einem hochporösen, weitgehend inkompressiblen Kern aus Pulver, offenporigem Schaum oder Fasern, der im Vakuum in eine vakuumdichte Hülle eingeschweißt wird. Für Bauanwendungen erweisen sich als besonders gut geeignet Kerne aus porösem, nanostrukturiertem SiO<sub>2</sub>-Pulver. Als Hülle dient entweder kunststoffbeschichtete Al-Folie oder eine Al-bedampfte mehrschichtige Hochbarrierefolie. Typisch liegt die Wärmeleitfähigkeit bei solchen VIPs bei 0,004 W·m<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>. Damit die VIPs ihre exzellente Dämmfunktion über einige Jahrzehnte behalten, darf der Druckanstieg durch Eindiffusion von Luft und Wasserdampf nur ca. 1mbar/Jahr betragen. Das ZAE Bayern hat u.a. im Rahmen von HTO-Forschungsprojekten VIPs in eine Reihe von Gebäude-Fassaden integriert: Etwa in ein denkmal-geschütztes Haus, in ein Reihenmittelhaus und in einen Neubau mit Passiv-Haus-Dämmstandard. Im Vortrag wird über den Aufbau, die Funktionsweise sowie die Einsatzmöglichkeiten von VIPs referiert.

AKE 6.2 Do 15:15 HS 109

**Einfluss von Feuchte auf den Wärmetransport in Vakuumisulationspaneelen** — ●CHRISTIAN HARTMANN, ULLRICH HEINEMANN und JOCHEN FRICKE — ZAE Bayern, Am Hubland, D-97074 Würzburg

Mit flachen Vakuumisulationspaneelen, die aus einem offenporigen und damit evakuierbaren und druckbelastbaren Füllmaterial und einer ausreichend dichten Vakuumhülle bestehen, können im Vergleich zu herkömmlichen Wärmedämmstoffen bei gleicher Dicke um einen Faktor 5 bis 10 höhere Dämmwerte erreicht werden. Bei gleicher Dämmwirkung lässt sich alternativ die Dämmstärke auf ein fünftel bis zehntel reduzieren. Bei sehr feinporigem Material, wie pyrogener Kieselsäure, einem SiO<sub>2</sub>-Pulver mit Poren von maximal ca. 100 nm, können für die Hülle metallbedampfte Kunststoffhochbarrierefolien verwendet werden, welche weitgehend gasdicht sind. Anwendung finden solche Vakuumisulationspaneele u.a. in Kühlschränken und in den letzten Jahren vermehrt auch im Baubereich. Leider zeigen Kunststoffhochbarrierefolien eine relativ hohe Durchlässigkeit für Wasserdampf. Untersuchungen zeigen, dass der Einfluss auf die Wärmeleitfähigkeit des Füllmaterials unerwartet groß ist. Mögliche Erklärungsansätze werden diskutiert.

AKE 6.3 Do 15:30 HS 109

**Modell zur Abschätzung der Funktionsdauer von Vakuumisulationspaneelen** — ●DANIEL KRAUS, HUBERT SCHWAB, ULLRICH HEINEMANN und JOCHEN FRICKE — ZAE Bayern, Am Hubland, D-97074 Würzburg

Vakuumisulationspaneele (VIPs) sind insbesondere dort interessant, wo Platz entweder nur begrenzt verfügbar oder besonders wertvoll ist. Im Vergleich zu herkömmlichen Dämmstoffen kann die gleiche Dämmwirkung mit VIPs mit nur einem fünftel bis zehntel der ursprünglichen Dämmstärke erreicht werden. Jedoch lässt die Dämmwirkung mit dem Eindringen von Gasen nach.

Untersuchungen an VIPs mit einer Umhüllung aus metallisierter Kunststoffhochbarrierefolie zeigen für die verschiedenen Bestandteile der Luft sehr unterschiedliche Eindringverhalten. Insbesondere das Permeationsvermögen für Wasserdampf ist um Größenordnungen höher als das für die übrigen atmosphärischen Gase. Das Eindiffundieren von Wasser nimmt mit zunehmender Feuchte im Paneel ab und kommt bei Gleichheit der Partialdrücke innen und außen zum Erliegen. Generell weisen die Permeationsraten eine starke Abhängigkeit von der Temperatur auf. Speziell für die Anwendung im Baubereich sind zusätzlich möglicherweise erhöhte Permeationsraten für Siegelnähte, Kanten und Ecken zu berücksichtigen.

AKE 6.4 Do 15:45 HS 109

**Raumklimatisierung mit flüssigen Absorbentien in offenen Systemen** — ●ASTRID HUBLITZ — ZAE Bayern, Abteilung 4 (Solarthermie und Biomasse), Walther-Meissner-Str. 6, D-85748 Garching

Offene sorptionsgestützte Klimatisierungssysteme mit flüssigen Sorptionsmitteln arbeiten nach folgendem Prinzip: Außenluft wird sorptiv entfeuchtet und durch Verdunsten von Wasser gekühlt.

Die Entfeuchtung der Außenluft erfolgt z.B. mit einer konzentrierten Salzlösung, die in einem Absorber auf gekühlten Kontaktflächen verrieselt wird. Die Sorptionswärme wird abgeführt, so dass die Außenluft gleichzeitig entfeuchtet und vorgekühlt wird. In einem nachfolgenden Verdunstungskühler wird die trockene Luft befeuchtet und kühlt sich weiter ab. Die Salzlösung wird bei der Luftentfeuchtung verdünnt. In einem luftdurchströmten Regenerator wird sie auf 60 bis 80 °C erwärmt und dabei wieder aufkonzentriert.

Durch getrennte Lagerung von verdünntem und konzentriertem Sorbens kann Energie gespeichert werden. Bei Verwendung der üblichen wässrigen Lithiumchloridlösung als Sorbens kann durch einen speziellen intern gekühlten Absorber eine Energiespeicherdichte von bis zu 280 kWh/m<sup>2</sup> erreicht werden, ohne das Entfeuchtungspotenzial der konzentrierten Lösung zu reduzieren.

Das ZAE Bayern führt zwei Demonstrationsprojekte zur Raumklimatisierung mit flüssigen Absorbentien in offenen Systemen durch. Im ersten wird die Luft in einem Bürogebäude in Amberg entfeuchtet. Das Gebäude wird über thermische Bauteilaktivierung durch Brunnenwasser gekühlt. Durch die sorptive Entfeuchtung kann eine Taupunktunterschreitung vermieden werden. Die Regeneration des verdünnten Sorbens erfolgt durch Solarenergie. Im zweiten Projekt wird ein Jazzclub in München gekühlt. In diesem Fall wird die Kühlenergie in Form von Kaltwasser bereitgestellt. Zur Regeneration des Sorbens wird Fernwärme eingesetzt. Der Stand beider Projekte wird berichtet.

## Fachvortrag

AKE 7.1 Do 16:30 HS 109

**Auswirkungen der Stromkosten auf dezentrale KWK-Anlagen in urbanen Versorgungsgebieten** — ●STEPHAN RICHTER<sup>1,2</sup> und THOMAS HAMACHER<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>MPI für Plasmaphysik, D-85748 Garching — <sup>2</sup>Wissenschaftszentrum Umwelt, Universität Augsburg

Das Umweltbundesamt erwartet bis 2020 einen Ersatzbedarf von 40 GW Kraftwerkskapazitäten allein in Deutschland. Zudem wurde mit dem sog. KWK-Gesetz ein Rahmen geschaffen, um die effiziente, gekoppelte Bereitstellung von Kraft und Wärme monetär zu fördern. Es stellt sich die Frage, mit welchen Techniken die zukünftige Energieversorgung gesichert werden soll. Neben Kostenbetrachtungen spielen CO<sub>2</sub>-Emissionen dabei eine große Rolle.

Mit Hilfe der integralen Methode *Urban Research Toolbox: Energy Systems* (kurz: *URBS*) wird der Fragestellung, welche Auswirkungen Veränderungen der Kosten und Emissionen im deutschen öffentlichen Kraftwerkspark auf die Wirtschaftlichkeit und das CO<sub>2</sub>-Reduktionspotential dezentraler KWK-Technologien haben können, am Beispiel Augsburg nachgegangen. Es wird gezeigt, dass die spezifischen Kosten- und Emissionsfaktoren für Strom aus dem Verbundnetz entscheidenden Einfluss auf die sozio-ökonomische und ökologische Bewertung eines verstärkten Ausbaus dezentraler KWK-Technologien auf urbaner Ebene zur Folge haben.

AKE 7.2 Do 17:00 HS 109

**Energieverbrauch in Städten – Der Weg von physikalischen Gebäudemodellen zu integralen Stadtmodellen** — ●JOCHEN OELKE<sup>1</sup> und THOMAS HAMACHER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Lehrstuhl für experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg — <sup>2</sup>MPI für Plasmaphysik, D-85748 Garching

Ein wichtiger Aspekt in der zukünftigen Energieversorgung wird der stetig wachsende Bedarf insbesondere in den städtischen Agglomerationen sein. Die Bestimmung des Energiebedarfs einer Stadt erfordert einen großen statistischen Aufwand. Um den Endenergiebedarf von Haushalten, Gewerbe und Industriegebäuden in einer zur Energiesystemmodellierung hinreichend hohen zeitlichen Auflösung zu erhalten, sind herkömmliche statistische Erhebungen unzureichend. Die Anwendung iterativer Berechnungsverfahren, um den Energiebedarf abzuschätzen, bietet eine numerische Lösung dieses Problems.

Mit dem Softwaretool MOHED wird gezeigt, dass anhand der bestehenden Gebäudetypologie einer Modell-Stadt deren durchschnittlicher Endenergiebedarf abgeschätzt werden kann. Dabei wird der Einfluss der Bewohner durch das Verhalten in der Benutzung des Hauses herausgestellt. Damit kann ein Schritt getan werden, um nationale und globale Energieszenarien in ihren Aussagen zu festigen.

AKE 7.3 Do 17:15 HS 109

**Qualitätskennzeichnung von Strom – Analyse und Bewertung möglicher Nachweisverfahren** — ●NICOLE VON GRABCZEWSKI — Öko-Institut e.V., Elisabethenstr. 55-57, D-64283 Darmstadt

Ab Mitte 2004 sind Stromversorger laut der novellierten EU-Strombinnenmarkttrichtlinie verpflichtet, ihre Kunden über den ihrer Versorgung zugrunde liegenden Energieträgermix und zugehörige Umweltauswirkungen zu informieren.

Wie können solche mit der Erzeugung verknüpften Informationen gewonnen und transportiert werden? Physikalisch ist das Problem des so genannten Trackings nicht zu lösen: Einmal ins Netz eingespeister Strom lässt sich seiner Herkunft nach nicht unterscheiden. In den USA, den Vorreitern bezüglich der Kennzeichnung von Strom, haben sich zwei unterschiedliche Vorgehensweisen herauskristallisiert, um dennoch zu plausiblen Ergebnissen zu gelangen: Der Nachweis auf Basis handelbarer Zertifikate sowie die Verfolgung von Lieferverträgen, d. h. finanziellen Transaktionen.

Dortige Erfahrungen mit beiden Systemen werden analysiert, bewertet und deren Anwendbarkeit in Deutschland bzw. Europa untersucht. Auch auf weitere Ausgestaltungsaspekte, die bei der Implementierung einer Kennzeichnung von Strom Beachtung finden sollten, wird eingegangen.

AKE 7.4 Do 17:30 HS 109

**Demonstrationsexperiment einer dynamische Strahlsteuerung zur Laser-Energieübertragung** — ●CHRISTIAN A. SCHÄFER<sup>1</sup>, HANS-JOCHEN FOTH<sup>1</sup>, FRANK STEINSIEK<sup>2</sup>, WOLF-PETER FOTH<sup>2</sup> und KARL-HEINZ WEBER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>TU Kaiserslautern, Fachbereich Physik, Erwin-Schrödinger Straße, D-67663 Kaiserslautern — <sup>2</sup>EADS-Space Transportation, Hünefeldstr.1-5, D-28199 Bremen

Das Experiment zur Laser-Energieübertragung ist als Demonstration für die Machbarkeit einer geregelten Strahlsteuerung auf einen mobilen Empfänger gedacht. Als Anwendung ist eine Energieversorgung von Satelliten oder planetaren Fahrzeugen, die dann auf große Sonnenkollektoren verzichten könnten, vorstellbar.

Im vorliegenden Experiment benutzt man einen 5 Watt Laser zur Energieübertragung auf ein kleines Robotik-Fahrzeug. Durch einen Suchalgorithmus wird der Laserstrahl auf die am Fahrzeug angebrachten Photovoltaikzellen gelenkt, damit sie Energie zur Fortbewegung bereitstellen. Dazu wird sowohl am Sender, als auch auf dem Fahrzeug ein Regelkreis realisiert. Während der Regelkreis am Sender dafür sorgt, dass der Strahl dem Ziel folgt, sorgt der Regelkreis auf dem Fahrzeug dafür, dass sich die drehbare Auftrefffläche immer senkrecht zum Strahl einstellt. Ein Wirkungsgrad von rund 30% wird von der Strahlausgangsleistung bis zur nutzbaren elektrischen Energie auf dem Fahrzeug realisiert. Dabei liegt die maximale, bisher realisierte Entfernung zwischen Sender und Fahrzeug bei rund 230m.

Der große Erfolg des Jahres der Physik veranlasste das BMBF und die DPG, das wachsende Interesse an der Physik mit dem Internet-Portal 'Welt der Physik' weiter zu fördern. Die aktuelle Forschung der Physik an deutschen Universitäten und Instituten wird hier allgemeinverständlich hauptsächlich für die interessierte Öffentlichkeit aber auch für den Physiker-Nachwuchs und für Physiker anderer Fachgebiete präsentiert.

Neben zahlreichen Artikeln zu unterschiedlichen, physikalischen Themen wird Besuchern des Portals *www.weltderphysik.de* eine große Auswahl an weiteren Informations- und Recherchequellen angeboten. Außerdem lädt das interaktive Portal ein, eigene Veranstaltungen überregional bekannt zu machen und der Öffentlichkeit die eigenen Forschungsbereiche in Artikeln vorzustellen. Dabei erfordert die stetige Entwicklung der Forschungslandschaft einen ständigen Ausbau der dargestellten Themenbereiche und Informationsangebote. Die Mitarbeit von namhaften Wissenschaftlern, Fachjournalisten und vielen renommierten Forschungseinrichtungen garantiert den hohen professionellen Standard des Portals.

Das 'Welt der Physik' — Internetportal wurde im Rahmen der 67. Physik-Tagung 2003 für die Öffentlichkeit freigegeben. Der Vortrag präsentiert den Status des Portals ein Jahr nach dem Start.

AKI 2.6 Di 15:15 HS 109

**Das Physikportal pro-physik.de** — ●MATTHIAS HAHN — Wiley-vch, Boschstr., Weinheim

pro-physik.de versorgt den Physiker mit aktuellen Nachrichten aus der Physik und Technik, bietet u.a. 'den' Stellenmarkt für Doktoranden und PostDoc-Stellen im Bereich der Physik und "hostet" die Mitgliederzeitschrift der DPG - das 'Physik Journal'. Es wird über Fortschritte bzgl. den Inhalten und der 'Findemaschine' von pro-physik.de berichtet.

AKI 2.7 Di 15:30 HS 109

**Integration von Datenquellen \* Das Physikportal des FIZ Karlsruhe** — ●HANS-WILHELM MÜLLER — Fachinformationszentrum Karlsruhe, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Das Fachinformationszentrum Karlsruhe entwickelt in Kooperation mit dem AKI ein wissenschaftliches Fachportal, das freie Quellen und Datenbanken unter einer einheitlichen Oberfläche suchbar macht. Kernkomponente ist der QueryBroker, eine Suchmaschine für die parallele Suche über Internetquellen, Preprint-Server und Datenbanken des Fachinformationszentrums. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Anbindung an Volltextversorgungssysteme. Inhalte und Suchfunktionalität werden zusammen mit dem AKI auf die Bedürfnisse des Physikers in der Forschung abgestimmt.

AKI 2.8 Di 15:45 HS 109

**Fachinformationen für den Physiker aus Literaturdatenbanken des FIZ Technik** — ●EDGAR SCHNEIDER — FIZ-Technik-Inform GmbH, Ostbahnhofstr. 13, D-60314 Frankfurt

FIZ Technik bietet dem Physiker mit der INSPEC-Datenbank eine unverzichtbare Quelle für Recherchen nach physikrelevanten Fachinformationen weltweit. Über den Internet-Zugang werden leicht verständliche Suchoberflächen für den Gelegenheitsnutzer und den professionellen Forscher angeboten. Wer automatisch und regelmäßig über Veröffentlichungen eines Themas per E-Mail informiert werden möchte, kann seine Suche auch als Dauerauftrag einrichten.

In Zusammenarbeit mit der TIB Hannover wird die INSPEC-Datenbank in das Internet-Portal Virtuelle Fachbibliothek Physik eingebunden. Über diesen Portal-Zugang können schnell und unkompliziert gefundene Fachartikel über das TIBORDER-System in Hannover bestellt werden. Mitarbeiter aus Einrichtungen, die INSPEC über FIZ Technik im Intranet anbieten, z.B. Universitäten, Fachhochschulen und Forschungseinrichtungen, können auch in der Virtuellen Fachbibliothek Physik diese Datenbanken auswählen ohne daß eine Identifikation über Kennung und Passwort notwendig ist. Über einen IP-Check werden die Informationssuchenden automatisch zur Angebotsseite der eigenen Institution geleitet.

# NEUE ERKENNTNISSE ÜBER DIE BIOPHYSIKALISCHEN WIRKUNGEN NIEDRIGER STRAHLENDOSEN (SYWS)

Prof. Dr. Martin Keilhacker  
Kapellengartenstr. 11  
D-81247 München  
E-Mail: Martin.Keilhacker@SoftDesign.de

Prof. Dr. Herwig G. Paretzke  
GSF-Institut für Strahlenschutz  
D-85764 Neuherberge  
E-Mail: paretzke@gsf.de

EINFÜHRUNG: Das Symposium behandelt in sieben Vorträgen grundlegende und angewandte Aspekte der Strahlenwirkungen niedriger Dosen ionisierender Strahlung auf Menschen, Tiere und Pflanzen. Der erste Vortrag beschäftigt sich mit der optisch beobachteten DNS-Doppelstrangbruchreparatur in einzelnen Zellen als Funktion der Zahl der primär induzierten Brüche. Die nächsten drei Vorträge befassen sich mit Strahlenrisikoanalysen von epidemiologischen Datensätzen, nämlich denen der Atombombenüberlebenden von Hiroshima und Nagasaki, von Schilddrüsenkrebsopfern des Reaktorunfalls von Tschernobyl und von Menschen, die beruflich in Flugzeugen starker Höhenstrahlung ausgesetzt sind. In den nächsten beiden Vorträgen werden biophysikalische Analysen vorgestellt, die Abschätzungen der Strahlenwirkung auf die allgemeine Bevölkerung durch das ubiquitäre natürlich radioaktive Edelgas Radon und durch diagnostische Röntgenstrahlen betreffen. Der letzte Vortrag gibt einen Überblick über unsere Kenntnisse von den Wirkungen ionisierender Strahlung auf Pflanzen und Tiere, einem Thema, das in den letzten Jahren große forschungspolitische Bedeutung gewonnen hat. Abschließend wird dann in einer allgemeinen Diskussion Gelegenheit gegeben, die Vortragenden Experten auch zu über diese Themen hinausgehenden Problemen der Wirkungen ionisierender Strahlen zu befragen.

## ÜBERSICHT DER HAUPTVORTRÄGE (Hörsal HS 129)

### Hauptvorträge

SYWS 1.1	Di	14:00	(HS 129)	<b>Induktion und Reparatur von DNA-Doppelstrangbrüchen nach niedrigen Strahlendosen</b> , <u>Markus Löbrich</u> , Nicole Rief, Martin Kühne, Michael Uder, Kai Rothkamm
SYWS 1.2	Di	14:30	(HS 129)	<b>Berücksichtigung der Strahlenqualität bei der Strahlenrisikoanalyse der Atombombenüberlebenden von Hiroshima und Nagasaki</b> , <u>W. Rühm</u> , A. M. Kellerer, N. Walsh
SYWS 1.3	Di	15:00	(HS 129)	<b>Schilddrüsenkrebs nach dem Tschernobyl-Unfall</b> , <u>Peter Jacob</u>
SYWS 1.4	Di	15:30	(HS 129)	<b>Epidemiologische Studien über Strahlenwirkungen kosmischer Strahlung</b> , <u>Maria Blettner</u>
SYWS 2.1	Di	16:30	(HS 129)	<b>Biophysikalische Modelle für das Lungenkrebsrisiko durch Radon</b> , <u>W.F. Heidenreich</u> , H.G. Paretzke
SYWS 2.2	Di	17:00	(HS 129)	<b>Strahlenexposition und Strahlenrisiko in der medizinischen Diagnostik</b> , <u>Dieter Regulla</u> , Gunnar Brix
SYWS 2.3	Di	17:30	(HS 129)	<b>Wirkungen niedriger Strahlendosen auf Pflanzen und Tiere</b> , <u>Herwig G. Paretzke</u> , Gerhard Pröhl



# Fachsitzungen

– Hauptvorträge –

## SYWS 1 Neue Erkenntnisse über die biophysikalischen Wirkungen niedriger Strahlendosen (SYWS)

Zeit: Dienstag 14:00–16:00

Raum: HS 129

**Hauptvortrag** SYWS 1.1 Di 14:00 HS 129

**Induktion und Reparatur von DNA-Doppelstrangbrüchen nach niedrigen Strahlendosen** — ●MARKUS LÖBRICH, NICOLE RIEF, MARTIN KÜHNE, MICHAEL UDER und KAI ROTHKAMM — Universität des Saarlandes, D-66421 Homburg/Saar

Ionisierende Strahlung erzeugt ein breites Spektrum an Erbgutschäden, wobei dem DNA-Doppelstrangbruch (DSB) eine besondere Bedeutung für die strahleninduzierte Krebsentstehung zukommt. Seit kurzem ist es mit Hilfe eines immunfluoreszenzmikroskopischen Verfahrens möglich, einzelne DSBs nach Einwirkung niedriger Strahlendosen nachzuweisen. Dazu findet ein Antikörper Verwendung, der spezifisch an geschädigtes Chromatin bindet und nach Bestrahlung punktförmige Fluoreszenzsignale erkennen lässt. Wir konnten zeigen, dass das Auftreten und Verschwinden dieser Signale mit der Induktion und Reparatur von DSBs übereinstimmt. Es zeigte sich, dass die Zahl der induzierten Brüche für einen Bereich zwischen 1 mGy und 100 Gy linear mit der Dosis ansteigt und selbst bei niedrigsten Strahlendosen sehr präzise bestimmt werden kann, so dass mit diesem Verfahren erstmalig ein zuverlässiges Werkzeug zur biologischen Strahlendosimetrie für Dosen, wie sie in der radiologischen Diagnostik und bei beruflich Strahlenexponierten auftreten, zur Verfügung steht.

**Hauptvortrag** SYWS 1.2 Di 14:30 HS 129

**Berücksichtigung der Strahlenqualität bei der Strahlenrisikoanalyse der Atombombenüberlebenden von Hiroshima und Nagasaki** — ●W. RÜHM, A. M. KELLERER und N. WALSH — Strahlenbiologisches Institut der Ludwigs-Maximilians-Universität, München

Die Atombombenüberlebenden von Hiroshima und Nagasaki waren sowohl locker ionisierender Gammastrahlung als auch dicht ionisierender Neutronenstrahlung ausgesetzt. Kürzlich konnten die im Dosimetriesystem DS86 angenommenen Neutronendosen durch die Messung von neutroneninduzierten Radioisotopen in Proben aus Hiroshima ( $^{63}\text{Ni}$  in Kupfer und  $^{36}\text{Cl}$  in Granit) bestätigt und Vermutungen, die Neutronendosen seien beträchtlich unterschätzt worden, widerlegt werden. Daraus zu schließen, der Beitrag der Neutronen zu den strahleninduzierten gesundheitlichen Spätfolgen sei gering - eine Annahme, die auch den aktuellsten Risikoschätzungen zu Grunde liegt - ist jedoch verfrüht. Es wird hier gezeigt, dass im Einklang mit der Bewertung der relativen biologischen Wirksamkeit von Neutronen durch die ICRP die Neutronenstrahlung insbesondere für oberflächennahe Organe einen beträchtlichen, bisher nicht ausreichend berücksichtigten Beitrag zu den beobachteten strahleninduzierten Spätfolgen liefert.

**Hauptvortrag** SYWS 1.3 Di 15:00 HS 129

**Schilddrüsenkrebs nach dem Tschernobyl-Unfall** — ●PETER JACOB — GSF-Institut für Strahlenschutz, D-85764 Neuherberg

In den im Jahre 1986 durch den Tschernobylunfall höher kontaminierten Gebieten Weißrusslands, Russlands und der Ukraine hat sich die Schilddrüsenkrebsinzidenz seit 1990 stark erhöht. Basierend auf ca. 200 000 im Zeitraum Mai/Juni 1986 durchgeführten Messungen der  $^{131}\text{I}$ -Aktivität in der menschlichen Schilddrüse wurden die durch den Unfall bedingten Schilddrüsendosen rekonstruiert. Für die Geburtsjahrgänge 1968 bis 1985 ist die Erhöhung der Schilddrüsenkrebsinzidenz eindeutig mit der Schilddrüsendosis korreliert. Im Zeitraum 1986 bis 2001 wurden unter diesen Geburtsjahrgängen 1063 Schilddrüsenkrebsfälle in Weißrussland und 1769 Fälle in der Ukraine gemeldet.

Eine Analyse der Fall- und Dosisdaten für die 35 einzelnen Oblasts (Regierungsbezirke) und größeren Städten ergab, dass sich die spontane Schilddrüsenkrebsinzidenz aufgrund des verbesserten Meldeverhaltens durch die Einführung spezieller Tschernobylregister und aufgrund der höheren Nachweisrate durch die Einführung von Ultraschalluntersuchungen und durch das allgemeine Bewusstsein eines höheren Schilddrüsenkrebsrisikos um einen Faktor 1,5-3,0 erhöht hat. Basierend auf dieser Analyse wurde abgeschätzt, dass ca. zwei Drittel aller Fälle in Weißrussland und ein Drittel aller Fälle in der Ukraine direkt der Strahlenwirkung zuzuschreiben sind.

Eine Analyse des Schilddrüsenkrebsrisikos in den 1120 Orten Weißrusslands und der Ukraine, in denen mehr als 10 Messungen der  $^{131}\text{I}$ -Aktivität in der menschlichen Schilddrüse durchgeführt wurden, ergab, dass das zusätzliche absolute Risiko unter Männern (Frauen) 2 (3) Fälle je 10 000 Personenjahre und Gy beträgt. Das Risiko steigt mit der Zeit nach der Exposition. Die Ergebnisse stimmen innerhalb der Unsicherheitsgrenzen mit Ergebnissen überein, die in früheren Studien des Schilddrüsenkrebsrisikos nach externen Expositionen von Kindern beobachtet wurden.

**Hauptvortrag** SYWS 1.4 Di 15:30 HS 129

**Epidemiologische Studien über Strahlenwirkungen kosmischer Strahlung** — ●MARIA BLETTNER — Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik, Johannes-Gutenberg-Universität, Mainz

Airline pilots and flight engineers are exposed to ionizing radiation of cosmic origin and other occupational and lifestyle factors which may influence their health status and mortality. In a cohort study in nine European countries we studied the mortality of this occupational group. Cockpit crew cohorts were identified and followed-up in Denmark, Finland,

Germany, Great Britain, Greece, Iceland, Italy, Norway and Sweden, including a total of 28 000 persons. Observed and expected deaths for the period 1960-1997 were compared based on national mortality rates. Exposure to ionizing radiation was assessed in most but not all countries using a Job-Exposure Matrix, taking into account flight hours and flight schedules of the pilots. The influence of period and duration of employment was analyzed in stratified and Poisson regression analyses.

Mean annual doses were in the range of 2mSv to 5mSv and cumulative lifetime doses for individuals did not exceed 80mSv. During the past decades a continuous increase of the 10-year moving averages of dose per block hour was found: 0.15 $\mu$ Sv (1950), 1.91 $\mu$ Sv (1970), 2.19 $\mu$ Sv (1990). The annual mean for 1997 was 2.96 $\mu$ Sv per block hour. The study comprised 547 564 person-years at risk, and 2244 deaths were recorded in male cockpit crew (Standardized mortality ratio [SMR]=0.64, 95% confidence interval (95%CI) 0.61-0.67).

Overall cancer mortality was decreased (SMR = 0.68; 95%CI 0.63-0.74). We found an increased mortality from malignant melanoma (SMR=1.78, 95%CI 1.15-2.67) and a reduced mortality from lung cancer (SMR=0.53, 95%CI 0.44-0.62). No consistent association between employment period or duration and cancer mortality was observed. Neither external and internal comparisons showed any substantially increased risks for cancer mortality due to ionizing radiation. However, the number of deaths for specific types of cancer was low and the confidence intervals of the risk estimates were rather wide.

Our study shows that cockpit crew have a low overall mortality. The results are consistent with previous reports of an increased risk of malignant melanoma in airline pilots. Occupational risk factors apart from aircraft accidents appear to be of limited influence with regard to the mortality of cockpit crew in Europe.

## SYWS 2 Neue Erkenntnisse über die biophysikalischen Wirkungen niedriger Strahlendosen (SYWS)

Zeit: Dienstag 16:30–18:00

Raum: HS 129

**Hauptvortrag** SYWS 2.1 Di 16:30 HS 129  
**Biophysikalische Modelle für das Lungenkrebsrisiko durch Radon** — ●W.F. HEIDENREICH und H.G. PARETZKE — GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Institut für Strahlenschutz, D-85764 Neuherberg

Das natürlich in der Umwelt vorkommende Edelgas Radon und seine Folgeprodukte treten in Deutschland in Innenräumen mit einer Konzentration von im Mittel 50 Bq/m<sup>3</sup> auf. Nach epidemiologischen Schätzungen (linear, ohne Schwellwert) werden dadurch einige tausend Lungenkrebsfälle pro Jahr verursacht. Damit ist Radon das größte Strahlenschutzproblem nicht nur in Deutschland. Die Schätzungen basieren zum einen auf Fall-Kontroll Studien an der epidemiologischen Nachweisgrenze, zum anderen auf Extrapolation von Beobachtungen bei vergleichsweise hoch und kurz exponierten Bergarbeitern. Wir entwickeln biophysikalische Modelle für strahlenbezogene Krebsentstehung mit dem Ziel, die Unsicherheiten solcher Schätzungen zu verringern. Dabei wird angenommen, daß Strahlung durch Induktion von Mutationen auf die Initiation, und durch Zelltötung auf die Promotion des Lungenkrebses wirkt. Modellparameter werden durch Vergleich mit epidemiologischen Daten gewonnen.

**Hauptvortrag** SYWS 2.2 Di 17:00 HS 129  
**Strahlenexposition und Strahlenrisiko in der medizinischen Diagnostik** — ●DIETER REGULA<sup>1</sup> und GUNNAR BRIX<sup>2</sup> — <sup>1</sup>GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Institut für Strahlenschutz, Neuherberg — <sup>2</sup>Bundesamt für Strahlenschutz, Institut für Strahlenhygiene, Neuherberg

Die regelmässigen Ermittlungen der Patientenexposition in der Strahlendiagnostik durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) besitzen einen hohen Stellenwert bei der Standortbestimmung der radiologischen Qualitäts- und Sicherheitskultur sowie der Nutzen-Risiko-Optimierung in

Deutschland. Für das Berichtsjahr 1997 wurde eine mittlere effektive Dosis von 2±0.5 mSv pro Kopf der Bevölkerung durch Röntgenuntersuchungen ermittelt; diesem Dosiswert liegen ca. 136 Millionen Röntgenuntersuchungen zugrunde, entsprechend einer Frequenz von 1,7 Untersuchungen jährlich pro Kopf der Bevölkerung. Korrespondierend dazu liegt die Exposition durch die Nuklearmedizin bei etwa 0,15 mSv effektiver Dosis pro Kopf der Bevölkerung; die Zahl der nuklearmedizinischen Untersuchungen liegt bei ca. 4 Millionen, entsprechend einer Frequenz von ca. 0,05 Untersuchungen jährlich pro Kopf der Bevölkerung. Einflussparameter bei der Expositionsermittlung, die Verwendung der risikorelevanten Effektivdosis und das Fehlen eines internationalen Konzepts zur Bestimmung der Patientenexposition werden kritisch diskutiert.

**Hauptvortrag** SYWS 2.3 Di 17:30 HS 129  
**Wirkungen niedriger Strahlendosen auf Pflanzen und Tiere** — ●HERWIG G. PARETZKE und GERHARD PRÖHL — GSF-Institut für Strahlenschutz, D-85758 Neuherberg

Seit einiger Zeit wird von der Wissenschaft, der Öffentlichkeit, der Politik und den Medien genauer hinterfragt, ob die Umwelt (Pflanzen und Tiere) gegen die Einwirkung ionisierender Strahlung wirklich - wie von den ICRP-Empfehlungen 26 und 60 behauptet - hinreichend geschützt wird, wenn der Mensch in ihr hinreichend geschützt wird. Während beim Menschen der Schutz hauptsächlich das einzelne Individuum und der hier wichtigste biologische Endpunkt die Induktion von somatischen Spätschäden und genetischen Defekten betrifft, werden für den Strahlenschutz von Fauna und Flora hauptsächlich ganze Populationen/Ökosysteme und dort die Reproduktion als kritische Endpunkte betrachtet. Im Vortrag werden der gegenwärtige Kenntnisstand der Forschung über Strahlenwirkungen auf Pflanzen und Tiere sowie die wichtigsten internationalen Forschungsprojekte und Regelaktivitäten vorgestellt.