

Working Group on Energy Arbeitskreis Energie (AKE)

Hardo Bruhns
Meliesallee 5
40597 Düsseldorf
ake@bruhns.info

The Energy Working Group (Arbeitskreis Energie) addresses in its twelve sessions topics which are of actual relevance with regard to climate change and the future supply and use of energy for society. A first overarching matter is Energy politics where perspectives for the German energy supply, in particular the government's energy concept, will be discussed but equally European perspectives. Also the evaluation of external costs of technological energy options will be considered.

Nuclear power is of high importance for Europe. Here the technologies of final waste repositories and the outlook for transmutation, in particular for the reduction of long-lived radioactive waste, will be addressed. – The perspectives of nuclear fusion will be discussed with regard to research and developments for ITER at the currently largest fusion device, the Joint European Torus (JET, Culham, UK), and to the upcoming Stellarator experiment Wendelstein VII-X (Greifswald).

Clean mobility is a major R&D topic. Both electromobility and fuel cells will be presented as well as the optimization of fuel production from renewables or natural gas. – The use of fossil energy will remain essential for electricity production and therefore technologies for CO₂ capture are important. Also the potential for geological CO₂ storage in Germany will be discussed.

For renewable energy systems a range of issues is discussed. Among them energy storage is of high importance. On the supply side developments in photovoltaics (in particular organic PV) are presented as are the major technological options for harnessing direct solar radiation in the sun-belt of the world. Furthermore, the large potential of geothermal energy will be addressed. – Heat pumps offer to reduce the primary energy requirements for heating. In this context also the market conditions for competition with co-generation of heat and electricity will be scrutinized.

The symposium SYCE, organized jointly with UP and SOE, is dedicated to the foundations and perspectives of climate engineering. A further joint session with UP addresses issues of off-shore wind energy which is expected to provide a large contribution for the future energy supply. – The AKE programme will start on Sunday, 13. March with a joint tutorial on future energy technologies organized by AGjDPG.

Overview of Invited Talks and Sessions

(lecture rooms: Monday: Mensa Dül, Tuesday: HSZ01, Wednesday: BEY 118)

Invited Talks

AKE 2.1	Mon	11:00–11:30	MENSA Dül	Das Energie-Konzept der Bundesregierung und andere Optionen für die Energiezukunft Deutschlands — ●MANFRED POPP
AKE 2.2	Mon	11:30–12:00	MENSA Dül	A strategy for competitive, sustainable and secure energy: Energy 2020 — ●STEPHAN KOLB
AKE 2.3	Mon	12:00–12:30	MENSA Dül	Vergleichende Bewertung von Stromerzeugungstechniken — ●RAINER FRIEDRICH
AKE 3.1	Mon	14:00–14:30	MENSA Dül	Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen - internationaler Forschungsstand und Perspektiven — ●HORST GECKEIS, BERNHARD KIENZLER, KLAUS GOMPPER
AKE 3.2	Mon	14:30–15:00	MENSA Dül	ADS (Accelerator-Driven System) Kernreaktoren: Status und Perspektiven — ●ALEX C. MUELLER
AKE 4.1	Mon	15:00–15:30	MENSA Dül	Fusion research for ITER - what we can learn from JET — ●FRANCESCO ROMANELLI
AKE 4.2	Mon	15:30–16:00	MENSA Dül	Der Stellarator, ein alternatives Einschlusskonzept für ein Fusionskraftwerk — ●ROBERT WOLF
AKE 5.1	Mon	16:45–17:15	MENSA Dül	Energiespeicher für Elektromobilität Stand der Technik und Perspektiven — ●MARGRET WOHLFAHRT-MEHRENS

AKE 5.4	Mon	17:45–18:15	MENSA Dül	Production and conversion of liquid fuels and hydrogen from biomass and natural gas using micro-reactor technology — ●PETER PFEIFER
AKE 7.1	Wed	9:30–10:00	BEY 118	Routen und Wirkungsgrade der CO₂ Abscheidung in Kraftwerken — ●DETLEF STOLTEN
AKE 7.2	Wed	10:00–10:30	BEY 118	CO₂-Speicherkapazitäten in Deutschland: Eine aktuelle Betrachtung — ●JOHANNES PETER GERLING, STEFAN KNOFF, KLAUS REINHOLD, CHRISTIAN MÜLLER, FRANZ MAY
AKE 8.1	Wed	11:15–11:45	BEY 118	The Physics of Wind Park Optimization — ●STEFAN EMEIS
AKE 8.3	Wed	12:00–12:30	BEY 118	Offshore- Windparks; Ausgewählte Anforderungen aus dem Genehmigungsverfahren und der Praxis der Errichtung — ●CHRISTIAN DAHLKE
AKE 9.1	Wed	14:00–14:30	BEY 118	Geothermie für Grundlaststrom und Wärmeversorgung - internationale Nutzung, Potential und technologische Entwicklungen — ●DAVID BRUHN, ERNST HUENGES
AKE 10.1	Wed	14:30–15:00	BEY 118	Einsatz großer Wärmepumpen im Wohnungs- und Gewerbebau — ●RÜDIGER GRIMM
AKE 10.3	Wed	15:15–15:45	BEY 118	Anforderungen an einen Wärmepumpentarif zur Überwindung diskriminierender Steuern und Abgaben beim thermodynamisch optimierten Heizen — ●GERHARD LUTHER
AKE 11.1	Wed	16:30–17:00	BEY 118	Status and Potential of Organic Solar Cells — ●MORITZ RIEDE
AKE 12.1	Wed	17:30–18:00	BEY 118	Clean Power from Deserts - The DESERTEC Academic Initiative — ●MICHAEL DÜREN
AKE 12.3	Wed	18:15–18:45	BEY 118	Hochkonzentrierende Photovoltaik: Entwicklungsstand und Perspektiven — ●ANDREAS WALTER BETT
AKE 12.4	Wed	18:45–19:15	BEY 118	Aufwindkraftwerke: Funktionsweise, Prototyp, Zukunftsperspektiven — ●GERHARD WEINREBE

Sessions

AKE 1.1–1.4	Sun	16:00–18:30	HSZ 03	Tutorial - Future Energy Technologies (jointly with and organised by AGjDPG)
AKE 2.1–2.3	Mon	11:00–12:30	MENSA Dül	Energiopolitik und Technologiebewertung
AKE 3.1–3.2	Mon	14:00–15:00	MENSA Dül	Kernspaltung
AKE 4.1–4.3	Mon	15:00–16:15	MENSA Dül	Fusionsforschung
AKE 5.1–5.4	Mon	16:45–18:15	MENSA Dül	Mobilität
AKE 6.1–6.4	Tue	10:30–13:00	HSZ 01	Intersectional Symposium Foundations and Perspectives of Climate Engineering (jointly with UP and SOE)
AKE 7.1–7.4	Wed	9:30–11:00	BEY 118	CO₂ und Energiespeicherung
AKE 8.1–8.3	Wed	11:15–12:30	BEY 118	Offshore Wind
AKE 9.1–9.1	Wed	14:00–14:30	BEY 118	Geothermie
AKE 10.1–10.4	Wed	14:30–16:00	BEY 118	Wärmepumpen und Kraft-Wärme-Kopplung
AKE 11.1–11.3	Wed	16:30–17:30	BEY 118	Photovoltaik
AKE 12.1–12.4	Wed	17:30–19:15	BEY 118	Solarenergie im Sonnengürtel

Annual Meeting of the Working Group on Energy

The meeting will take place during the spring conference in Bad Honnef, 5-6 May, 2011.
For further details please refer to the programme of the spring conference.

AKE 1: Tutorial - Future Energy Technologies (jointly with and organised by AGJDPG)

Time: Sunday 16:00–18:30

Location: HSZ 03

Tutorial AKE 1.1 Sun 16:00 HSZ 03
Electrolytes in lithium-ion batteries: state of the art and future trend — ●ANDREA BALDUCCI — Institute of Physical Chemistry, University of Muenster, Muenster, Germany

Lithium ion batteries dominate the consumer portable electronic and telecommunications market and they are also indicated as the most promising option for the next generation of hybrid and electric vehicles (HV, EV). However, when the present lithium ion technology is considered, the safety of batteries appears to be one of the main drawbacks holding the introduction of this technology in HV and EV. The commercial systems nowadays available use electrolytes commonly based on organic carbonates (e.g. Propylene Carbonate, PC, Ethylene Carbonate, EC) but since these electrolytes are flammable their use poses a serious safety risk and strongly reduces the battery operative temperature range. For such reasons, alternative electrolytes have been proposed and tested in the last decade. Between them, ionic liquids (ILs) instead of organic carbonates appear to be promising.

Tutorial AKE 1.2 Sun 16:35 HSZ 03
Fuel cells — ●UWE REIMER — Institute of Energy and Climate Research / IEK-3: Fuel Cells, High-temperature Polymer Electrolyte Fuel Cells, Forschungszentrum Jülich, Jülich, Germany

Fuel cells are efficient energy converters that are believed to play an important role in the future concept of energy production and storage. The tutorial explains the basic principles of fuel cells and provides an overview over the present available types. The advantages and disadvantages of fuel cells compared to other energy converters are briefly discussed. Today's application of fuel cells include space crafts and submarines, hence it can be said that the technology is ready and reliable. The question 'Why is it not already widely used?' may be answered at the end. Nevertheless, more questions will be raised, which should inspire the audience to think about the role of energy supply of the future. The topic 'fuel cells' is highly interdisciplinary, since it combines the areas of physics, chemistry, material science and engineering.

Break (10 min)

Tutorial AKE 1.3 Sun 17:20 HSZ 03
Physical aspects of photobioreactors for growing biomass — ●HILMAR FRANKE — Applied. physics, Univ. Duisburg-Essen, Duisburg, Germany

Using photosynthesis CO₂ can be converted in the presence of water and light into biomass and O₂. On hot summer days one may observe the blossoming of algae on seashores or lakes. Often this phenomenon occurs in the presence of high concentrations of nutrients. The function

of photobioreactors is to transfer this blossoming or high growth rate of biomass into the laboratory or a large scale industrial plant. The climate gas CO₂ is produced during the oxidation of carbon or hydrocarbon compounds.

On earth there are many natural and industrial sources for CO₂, but only few sinks. The process of photobiological fixation of carbon dioxide in photobioreactors may contribute to the installation of a recycling technology for CO₂!

In this talk we will focus on the different physical aspects of photobioreactors (PBR) which may lead to efficient large scale plants:

A major problem is the **light exposure**. The exposure has to be optimized with respect to the *wavelengths* and the *intensity*. Using sunlight or LED's as an efficient system for *collecting, guiding* and *distribution* of light has to be developed.

Microalgae in PBR's form a suspension in an aqueous environment with various ions of dissociated water and nutrient components. There are algae with an electric charge distribution. Depending on their shape even in an aqueous ionic environment this may cause an *electric dipole moment*. The **electrical properties** of a microalgae suspension may be used for characterization of important process parameters or the control of the system.

Photosynthesis requires CO₂, while O₂ is formed. Therefore an additional gas phase is present in the PBR. Especially in high columns **gravitation** controls any sedimentation profile. On the other hand clouds of gas bubbles form the reactive interface and the rising speed of gas bubbles depends on the bubble size which again depends on the local **pressure**.

Examples for potential applications of these physical aspects will be discussed.

Tutorial AKE 1.4 Sun 17:55 HSZ 03
DESERTEC - an international approach to use renewable energies at large scale — ●MICHAEL DÜREN — II. Physikalisches Institut, Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen, Germany

The DESERTEC concept combines solar power, wind power and other sources of renewable energy in a large and efficient electrical super grid that spans distances of several thousand kilometres. Fluctuations of the individual sources and loads are averaged out to a large extent. A special emphasis in this concept is given to a large network of solar thermal power stations that are located in deserts of the sun belt of the earth to maximize the yearly solar energy yield at a minimum of costs. The solar thermal power plants are equipped with large thermal storage capacity so that they can provide solar power day and night in accordance with the actual demand. The lecture will give an introduction into the basics of the physical and technological concepts and of the political and socio-economic implications of DESERTEC.

AKE 2: Energiepolitik und Technologiebewertung

Time: Monday 11:00–12:30

Location: MENSA Dül

Invited Talk AKE 2.1 Mon 11:00 MENSA Dül
Das Energie-Konzept der Bundesregierung und andere Optionen für die Energiezukunft Deutschlands — ●MANFRED POPP — Weberstr. 5, 76133 Karlsruhe

2010 hat die Bundesregierung erstmals seit 20 Jahren wieder ein Konzept vorgelegt, das darstellt, wie sie sich die Zukunft der Energieversorgung Deutschlands bis 2050 vorstellt. Die Reaktion in Politik und Fachwelt ist unterschiedlich. Der Beitrag untersucht folgende Fragen:

Was sind die wissenschaftlichen Grundlagen des Konzeptes?

Wie realistisch sind die Ziele, insbesondere das einer bis 2050 nahezu klimaneutralen Stromversorgung?

Ist die Festlegung auf bestimmte Technologien (Erneuerbare Energien) mit der Politik der Marktwirtschaft verträglich?

Welche Voraussetzungen müssen erfüllt werden, um die Ziele zu erreichen?

Wie sinnvoll ist die Laufzeitverlängerung der Kernkraftwerke?

Invited Talk AKE 2.2 Mon 11:30 MENSA Dül

A strategy for competitive, sustainable and secure energy: Energy 2020 — ●STEPHAN KOLB — European Commission, Directorate-General for Energy

The European Commission's new energy strategy ENERGY 2020 is designed to tackle the challenge of competitive, sustainable and secure energy.

It builds on the existing foundations of EU energy policy and sets out a medium term programme. It will put the EU in a convincing position to deliver its 2020 targets in an economically sound and sustainable way.

ENERGY 2020 also aims to make energy policy a motor for economic recovery and green growth, as set out in the EUROPE 2020 economic strategy.

The strategy includes a number of interrelated priorities: energy efficiency; network interconnections and modernisation of grids; innovation and excellence in research; external energy relations; and empowerment of consumers.

The talk will describe ENERGY 2020 in the context of the Roadmap

for a Low Carbon Energy System 2050 and address also European Energy infrastructure priorities towards an integrated European energy network.

Invited Talk AKE 2.3 Mon 12:00 MENSA Dül
Vergleichende Bewertung von Stromerzeugungstechniken — ●RAINER FRIEDRICH — Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart

Bei Entscheidungen im Bereich der Stromerzeugung sollten nicht nur die Kosten pro kWh und ggf. die Zuverlässigkeit der Bereitstellung, sondern auch andere Kriterien, insbesondere Umwelt- und Gesundheitsrisiken, mit berücksichtigt werden. Dazu ist es erforderlich, zunächst die Umwelteinwirkungen derzeitiger und zukünftiger Stromerzeugungstechniken abzuschätzen. Dabei sind die Einwirkungen bei Normalbetrieb und Unfällen sowie auch bei vor- und nachgelagerten

Prozessen einzubeziehen. Szenarien der zukünftige Entwicklung der Techniken müssen entwickelt werden. Um eine Bewertung vornehmen zu können, müssen im nächsten Schritt die aus den Einwirkungen entstehenden Schäden und Risiken ermittelt werden. Damit die Risiken untereinander und mit Kosten verglichen werden können, werden sie als nächstes in eine gemeinsame Einheit, nämlich in Geldwerte umgerechnet. Die Ermittlung des monetären Werts einer Schadenseinheit erfolgt durch Umfragen zur Zahlungsbereitschaft. Werden zu diesen so ermittelten 'externen Kosten' die Stromerzeugungskosten addiert, so erhält man die sozialen Kosten, die Umwelt- und Gesundheitsrisiken enthalten. Im Vortrag wird zunächst die Methode zur Ermittlung sozialer Kosten erläutert und anschließend eine Rangfolge von Stromerzeugungstechniken nach den sozialen Kosten vorgestellt. Daraus lassen sich Erkenntnisse über die Zusammensetzung zukünftiger Stromerzeugungssysteme ableiten.

AKE 3: Kernspaltung

Time: Monday 14:00–15:00

Location: MENSA Dül

Invited Talk AKE 3.1 Mon 14:00 MENSA Dül
Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen - internationaler Forschungsstand und Perspektiven — ●HORST GECKEIS, BERNHARD KIENZLER und KLAUS GOMPPER — Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Nukleare Entsorgung, Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

In Deutschland flammt derzeit die kontroverse Diskussion über Risiken und Nutzen der Kernenergie neu auf. Immer wieder wird dabei die sichere Entsorgung und Endlagerung radioaktiver Abfälle als ungelöstes Problem thematisiert. Die anfallenden vergleichsweise geringen Volumina an hochradioaktiven Abfällen besitzen eine hohe Radiotoxizität und erfordern daher eine aufwändige Entsorgung. Es herrscht international Konsens darüber, dass die derzeit einzig sichere Entsorgungsstrategie die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen und damit die langfristige Isolation von der Biosphäre darstellt. In Europa werden als mögliche Wirtsgesteine Tonstein, Steinsalz und Granit untersucht. Endlagerprojekte z.B. in Skandinavien, Frankreich und in der Schweiz sind bereits weit fortgeschritten und befinden sich teilweise schon im Bau. Dabei werden Möglichkeiten der Rückholbarkeit des Abfalls kontrovers diskutiert. In allen Fällen stellt der Nachweis der Langzeitsicherheit eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle hohe Anforderungen an Wissenschaftler aller Disziplinen dar. Aufgabe der Endlagersicherheitsforschung ist es, ein möglichst umfassendes Ver-

ständnis der möglichen Endlagerentwicklungen bei Betrachtung relevanter Szenarien zu erlangen. Im Vortrag wird der Stand international verfolgter Endlagerkonzepte beschrieben und diskutiert.

Invited Talk AKE 3.2 Mon 14:30 MENSA Dül
ADS (Accelerator-Driven System) Kernreaktoren: Status und Perspektiven — ●ALEX C. MUELLER — National Institute for Nuclear and Particle Physics, CNRS, Paris, France

Weltweit planen heute viele Länder eine erhebliche Steigerung des Anteils der Kernenergie in ihrem Energiemix. Das hohe Potential an Nachhaltigkeit der Kernenergie ist hierbei ein zentrales Argument. Andererseits gibt es, insbesondere in weiten Kreisen der Bevölkerung eines Teils der europäischen Länder, erhebliche Bedenken gegen diese Energieform, da sie langlebigen radioaktiven Abfall verursacht. "Partitioning & Transmutation" (=Abtrennen und Umwandeln) verspricht hier einen nachhaltigen Lösungsansatz, indem schnelle (kritische und unterkritische) Neutronenreaktoren eingesetzt werden. Unterkritische Reaktoren benutzen einen Protonenbeschleuniger als externe Neutronenquelle. Die Errichtung einer Vielzweckanlage zur Demonstration dieser Technologien ist jetzt in Belgien mit dem Projekt MYRRHA geplant. Der Vortrag behandelt die Physik und Technologie der Transmutation und stellt die "roadmap towards MYRRHA" vor. Ebenfalls werden Szenarien industrieller Nutzung diskutiert.

AKE 4: Fusionsforschung

Time: Monday 15:00–16:15

Location: MENSA Dül

Invited Talk AKE 4.1 Mon 15:00 MENSA Dül
Fusion research for ITER - what we can learn from JET — ●FRANCESCO ROMANELLI — JET-EFDA, Culham Science Centre, Abingdon, OX14 3DB, UK

Fusion is an energy source virtually unlimited, diffuse, intrinsically safe and environmentally responsible. This talk addresses the major challenges of fusion energy and the status of research. The presentation will focus on the confinement of a high-temperature plasma, the control of plasma instabilities, the minimization of turbulent transport processes, the development of materials capable of withstanding high heat and neutron flux conditions. The production of fusion power up to a level of 16MW has been demonstrated on JET. The International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) presently under construction will demonstrate the production of fusion power at the level of a medium size reactor (500MW). The JET programme is strongly focussed to the consolidation of the ITER design choices and the preparation of the regime of operations. The possible contribution of JET in accelerating the exploitation of ITER will be presented.

Invited Talk AKE 4.2 Mon 15:30 MENSA Dül
Der Stellarator, ein alternatives Einschlusskonzept für ein Fusionskraftwerk — ●ROBERT WOLF — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Wendelstein-Str. 1, D-17491 Greifswald

Ziel von ITER ist es, zum ersten Mal mit einem brennenden Fusi-

onsplasma deutlich mehr Energie zu erzeugen als zu seiner Aufrechterhaltung notwendig ist. Basierend auf dem Tokamak-Konzept wird allerdings die höchste Leistungsverstärkung nur im gepulsten Betrieb erreicht. Für ein stationär betriebenes Fusionskraftwerk muss deshalb noch ein hinreichend effizientes Verfahren entwickelt werden, das den für den Einschluss notwendigen Plasmastrom nicht-induktiv erzeugt. Demgegenüber hat der Stellarator den entscheidenden Vorteil, auch ohne Plasmaströme ein einschließendes Magnetfeld bereitzustellen. Die erforderlichen Einschlusseigenschaften erreichen Stellaratoren allerdings nur nach aufwändiger Optimierung des Magnetfelds, was in der Vergangenheit ohne den Einsatz von Hochleistungsrechnern nicht möglich war. Der Stellarator Wendelstein 7-X ist die bisher konsequenteste Umsetzung dieses Optimierungsverfahrens, welches im Fall von Wendelstein 7-X darauf abzielt, Plasma und Magnetfeld weitestgehend zu entkoppeln und zudem die stationäre Teilchen- und Energieabfuhr aus dem Plasma auch in der gegenüber dem Tokamak komplizierteren Magnetfeldstruktur sicherzustellen. Derzeit im Bau, wird Wendelstein 7-X 2014 in Betrieb gehen. Der Vortrag fasst die Entwicklung der Stellaratorlinie zusammen, stellt die Entwicklung und den Aufbau von Wendelstein 7-X vor und diskutiert die Möglichkeiten, auf der Basis eines Stellarators ein Fusionskraftwerk zu bauen.

AKE 4.3 Mon 16:00 MENSA Dül
Neutronikexperimente für die Entwicklung europäischer Fusionsreaktor-Brutblankets — ●AXEL KLIX¹, MAURIZIO

ANGELONE², MOHAMED EID³, ULRICH FISCHER¹ und DAMIEN LEBRUN-GRANDIE¹ — ¹Karlsruher Institut für Technologie, Eggenstein-Leopoldshafen, Deutschland — ²ENEA Frascati, Frascati, Italien — ³CEA Saclay, Saclay, Frankreich

Für Neutronik-Experimente in ITER werden in der EU zwei Brutblanket-Testmodultypen entwickelt. Die Auslegung eines solchen Blankets hängt entscheidend von Parametern wie der spektralen Neutronenflußdichte sowie den sich daraus in den Materialien ergebenden Kernreaktionen ab. Die wichtigsten Aufgaben des Blankets sind neben der Abschirmung der Magnetspulen die Umwandlung der Energie der Neutronen aus der Fusionsreaktion in nutzbare Wärme sowie die

ausreichende Tritiumproduktion zur Aufrechterhaltung der Fusionsreaktion.

Neutronik-Experimente mit sogenannten Mock-ups dieser beiden TBM-Linien werden seit einigen Jahren im Rahmen des europäischen Fusionsprogramms durchgeführt. Dabei sollen ITER/TBM-relevante Kerndaten und Teilchentransportcodes getestet werden, die für die Auslegung der TBMs zum Einsatz kommen. Diese Experimente sollen eine Fortsetzung an ITER finden. Der Vortrag gibt einen Überblick über eingesetzte Meßverfahren für die gegenwärtigen Experimente und geht im zweiten Teil auf notwendige Entwicklungen von Meßmethoden ein, die den TBM-Bedingungen angepaßt sind (Temperaturen von einigen hundert Grad Celsius, intensives Strahlungsfeld, Magnetfeld usw.).

AKE 5: Mobilität

Time: Monday 16:45–18:15

Location: MENSA Dül

Invited Talk AKE 5.1 Mon 16:45 MENSA Dül
Energiespeicher für Elektromobilität Stand der Technik und Perspektiven — ●MARGRET WOHLFAHRT-MEHRENS — ZSW Ulm

Die Entwicklung leistungsstarker und zuverlässiger elektrochemischer Energiespeichersysteme ist eine Schlüsseltechnologie für die Elektromobilität. Lithium-Ionen-Batterien sind derzeit die aussichtsreichsten Kandidaten für alternative Fahrzeugkonzepte. Sie weisen deutlich höhere Energie- und Leistungsdichten als andere heute verfügbare Technologien wie Blei- oder Nickel/Metallhydridakkumulatoren auf. Energiedichte, Leistung, Lebensdauer und Sicherheit von Lithium-Ionen-Batterien werden wesentlich durch die Wahl der Aktivmaterialien und das Elektrodendesign bestimmt. Eine Vielzahl alternativer Elektrodematerialien befindet sich in der Entwicklung, um die Fahrzeuganforderungen besser erfüllen zu können. Dabei sind die Erforschung neuer Elektrolytsysteme und die Erarbeitung eines umfassenden Verständnisses der Grenzfläche Elektrode/Elektrolyt ebenfalls wichtige Voraussetzungen für die effiziente Weiterentwicklung langlebiger Hochenergiespeichersysteme. Der Vortrag gibt einen Überblick über die Anforderungen an automobiler Speichersysteme, den Stand der Technik derzeit verfügbarer Speichertechnologien und die Anforderungen an Forschung und Entwicklung für zukünftige Hochenergie-Batterie-Generationen.

AKE 5.2 Mon 17:15 MENSA Dül
First-principle study and modeling of pressure dependent ionic diffusion in YSZ — ●JULIAN HIRSCHFELD and HANS LUSTFELD — Peter Grünberg Institut & Institute for Advanced Simulation, Forschungszentrum Jülich and JARA, 52425 Jülich, Germany

Yttria Stabilized Zirconia (YSZ) is the state of the art electrolyte for Solid State Fuel Cells (SOFC). YSZ has a low thermal expansion coefficient and good ionic conductivity at a high operation temperature (800°C). Since this temperature also dictates the operating point of the SOFC, it has to be reduced to achieve an economic operation of a SOFC. The temperature dependence of the ionic conductivity is given by an Arrhenius expression [1]. Due to the inverse exponential dependence on the activation energy, it is crucial to gain a better knowledge about the dependence of this quantity on external parameters. It is possible to obtain the activation energy of individual ionic jump processes directly from ab-initio calculations [2]. This can increase the fundamental understanding of the physics behind and can lead to predictions of new systems.

In our work we use Density Functional Theory (DFT) ab-initio calculations to investigate the ionic energy barrier dependence on structural deformations. To obtain the activation energies, we calculate the energy barrier of the ionic movement in the framework of the Nudged Elastic Band (NEB) method. To gain a deeper insight into the physical meaning, we compare these results with those of a simple model.

[1] M. Kilo et al., Phys. Chem. Chem. Phys. 5, 2219-2224 (2003)

[2] Pornprasertsuk et al., J. Appl. Phys. 98, 103513 (2005)

AKE 5.3 Mon 17:30 MENSA Dül
New double-cation borohydrides — ●INGE LINDEMANN¹, ROGER

DOMÈNECH FERRER¹, YAROSLAV FILINCHUK², HANS HAGEMANN³, RADOVAN ČERNÝ³, LUDWIG SCHULTZ¹, and OLIVER GUTFLEISCH¹ — ¹IFW Dresden, Institute for Metallic Materials, P.O. Box 270016, 01171 Dresden, Germany — ²Swiss-Norwegian Beam Lines at ESRF, BP-220, 38043 Grenoble, France — ³Department of Physical Chemistry and Crystallography, University of Geneva, 1211 Geneva, Switzerland

Complex hydrides are under consideration for on-board hydrogen storage due to their high hydrogen density. However, up to now conventional borohydrides are either too stable or unstable for applications as in PEM fuel cells (60-120°C). Recently, double-cation borohydride systems have attracted great interest. The desorption temperature of the borohydrides decreases with increasing electronegativity of the cation. Consequently, it is possible to tailor a feasible on-board hydrogen storage material by the combination of appropriate cations. The stability was found to be intermediate between the single-cation borohydride systems. Two combinations were successfully synthesised by metathesis reaction via high energy ball milling. Al-Li-borohydride shows desorption at about 70°C combined with a very high hydrogen density (17.2 wt.%) and the Na-Al-borohydride (14.2 wt.%) decomposes around 90°C. Both desorption temperatures are in the target range for applications. The decomposition pathways were observed by in-situ-Raman spectroscopy, DSC (Differential Scanning Calorimetry), TG (Thermogravimetry) and thermal desorption measurements.

Invited Talk AKE 5.4 Mon 17:45 MENSA Dül
Production and conversion of liquid fuels and hydrogen from biomass and natural gas using micro-reactor technology — ●PETER PFEIFER — Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Micro Process Engineering (IMVT), Herrmann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, www.imvt.kit.edu

The Institute for Micro Process Engineering (IMVT) develops micro-structured devices since 1989 and is thus one of the pioneers in this field. One focus of current research is on the integration of catalysts into these reactors as this is significantly influencing the overall system performance. The methods are ranging from filling micro-structured elements with catalyst powder to new approaches of nano-structured catalyst layers on the micro channel walls. Current projects are addressing the field of conversion of synthesis gas from biomass feedstock and off-shore natural gas; processes are methanol synthesis, direct dimethyl ether synthesis, Fischer-Tropsch synthesis and high temperature / high pressure shift reaction. The latter reaction may be necessary for the biomass conversion into fuels since dry gasification yields an insufficient H₂/CO ratio in the synthesis gas. The unusual temperature and pressure conditions applied in the IMVT concept reduce the net energy loss. Furthermore, most micro-reactor studies in literature refer to keeping the reaction temperature constant and thus enabling isothermal operation conditions. However, for synthesis, i.e. exothermic equilibrium reactions, a falling temperature profile should be applied. Heat management concepts for micro-reactors are therefore important for further developments.

AKE 6: Intersectional Symposium Foundations and Perspectives of Climate Engineering (jointly with UP and SOE)

Time: Tuesday 10:30–13:00

Location: HSZ 01

Invited Talk AKE 6.1 Tue 10:30 HSZ 01

Oceanic carbon-dioxide removal options: Potential impacts and side effects — ●ANDREAS OSCHLIES — IFM-GEOMAR, University of Kiel, Germany

Ocean fertilization and alkalinity enhancement by accelerated weathering of limestone or silicate rocks have been suggested as possible options for sequestering atmospheric CO₂. These methods would have intended and unintended, local and remote impacts on marine ecosystems and biogeochemical cycles. An overview is given on current estimates of the CO₂ sequestration potential of various fertilization and alkalinity-enhancement techniques. Impacts and possible side effects are discussed in a quantitative manner based on results of small-scale field studies and global Earth System model simulations for a business-as-usual CO₂ emission scenario. According to these results, the sequestration potential of the individual oceanic CO₂ removal methods is limited to a small fraction of current anthropogenic emissions. While it is obvious that all methods have undesired side effects, these have to be evaluated against the side effects resulting from an unabated rise in atmospheric CO₂ levels.

Invited Talk AKE 6.2 Tue 11:00 HSZ 01

Climate Engineering through injection of aerosol particles into the atmosphere: physical insights into the possibilities and risks — ●MARK LAWRENCE — Max Planck Institute for Chemistry, Atmospheric Chemistry Department, Mainz, Germany

Climate Engineering (CE) is the intentional manipulation of the Earth's climate in order to counteract the effects of unintended global change due to greenhouse gases and other climate forcing agents, such as reflecting and absorbing aerosol particles. Numerous CE measures have been proposed as cost-effective means to either bypass the slow international actions towards reducing emissions of climate-active gases and particles, or as a solution for potentially impending "climate emergencies" (rapid, irreversible transitions caused by exceeding certain thresholds of climate change). Though often discussed as highly promising possibilities, each proposed CE measure of course harbors large uncertainties and significant potential side effects. The CE measures can mostly be divided into two categories: accelerated removal of carbon dioxide (CO₂, the primary greenhouse gas) from the atmosphere, and "solar radiation management" (SRM), i.e., increasing the amount of solar radiation reflected back to space. This talk gives an overview of the latter, focusing particularly on the current state of knowledge of proposed SRM measures through injection of aerosol particles, which either directly reflect solar radiation, or enhance the reflectivity of clouds.

Invited Talk AKE 6.3 Tue 11:30 HSZ 01

Geoengineering - will it change the climate game? — ●TIMO GOESCHL — Dept. of Economics, Heidelberg University, Heidelberg, Germany

Emissions reductions aimed at mitigating climate change are - from an economic point of view - an almost perfect example of a global

public good. The scale of the public good is determined by aggregate reduction efforts of all countries. The contribution of individual countries to the aggregate effort, however, can - in the absence of a global institution - only arise out of a bargaining process between individual sovereign states. This is the essence of the 'climate game'. Both theoretical analysis and empirical evidence underscore that the climate game provides problematic incentives for the individual states to jointly generate a satisfactory aggregate reduction effort. Geoengineering has the potential to alter these incentives in a radical way. The reason is that geoengineering efforts differ from emissions reduction efforts in many ways. One important difference in bargaining terms is that the actions of a single player can determine the final outcome. Combined with the very different costs and benefits associated with geoengineering activities, the availability of geoengineering option therefore poses an entirely new set of incentives for countries. This presentation weighs the arguments on the likely impacts on the process and outcome of the climate game of geoengineering options becoming available.

Invited Talk AKE 6.4 Tue 12:00 HSZ 01

The gamble with the climate - an experiment — ●MANFRED MILINSKI — Max-Planck-Institut für Evolutionsbiologie, Thienemann-Str. 2a, 24306 Plön

Will a group of people reach a collective target through individual contributions when everybody suffers individually if the target is missed? This *collective risk social dilemma* exists in various social scenarios, the globally most challenging one being the prevention of dangerous climate change. Reaching the collective target requires individual sacrifices, with benefits to all but no guarantee that others will also contribute. It even seems tempting to contribute less and save money to induce others to contribute more, hence the dilemma and the risk of failure. Here, we introduce the collective risk social dilemma and simulate it in a controlled experiment: will a group of people reach a fixed target sum through successive monetary contributions, when they know that they will lose all their remaining money with a certain probability if they fail to do so? We find that under high risk of simulated dangerous climate change half of the groups succeed in reaching the target sum, whereas the others only marginally fail. When the risk of loss is only as high as the necessary average investment or even lower, the groups generally fail to reach the target sum. We conclude that one possible strategy to relieve the collective risk dilemma in high risk situations is to convince people that failure to invest enough is very likely to cause grave financial loss to the individual. Our analysis describes the social window humankind has to prevent dangerous climate change.

Panel Discussion 12:30 - 13:00

"Perspectives of Climate Engineering" Andreas Oschlies, Mark Lawrence, Timo Göschl, Manfred Milinski
Chair: Thomas Leisner

AKE 7: CO₂ und Energiespeicherung

Time: Wednesday 9:30–11:00

Location: BEY 118

Invited Talk AKE 7.1 Wed 9:30 BEY 118

Routen und Wirkungsgrade der CO₂ Abscheidung in Kraftwerken — ●DETLEF STOLTEN — Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-3) Brennstoffzellen, 52425 Jülich

Der Vortrag beschreibt die Prinzipien der Kohlendioxid Abscheidung in Kohlekraftwerken. Dabei liegt der Fokus auf Fragen der Energieeffizienz. Die Abscheidungsverfahren lassen sich in "post-combustion", "oxyfuel-combustion" und "pre-combustion", letzteres mit selektiver CO₂ Abtrennung und mit selektiver H₂ Abtrennung, unterteilen. Für Dampfkraftwerke und IGCCs (Integrated Gasification Combined Cycle) werden die Grundlagen der folgenden Gas-Trenn-Methoden be-

schrieben: -CO₂ Adsorption mit Hilfe von Flüssigkeiten -Reaktion von CO₂ und O₂ mit Feststoffen -Membran basierte Abtrennung von CO₂. Abschließend werden ausgewählte Abtrennverfahren kurz beschrieben und ihr Einfluss auf den Wirkungsgrad diskutiert.

Invited Talk AKE 7.2 Wed 10:00 BEY 118

CO₂-Speicherkapazitäten in Deutschland: Eine aktuelle Betrachtung — ●JOHANNES PETER GERLING, STEFAN KNOPF, KLAUS REINHOLD, CHRISTIAN MÜLLER und FRANZ MAY — Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Stilleweg 2, D-30655 Hannover

In Deutschland kommen nur erschöpfte Erdgasfelder sowie saline

Aquifere als potenzielle CO₂-Speicher in Betracht. Während die Speicherkapazitäten in den Erdgasfeldern seit langem aufgrund der bekannten Förderdaten und verbleibenden Reserven nahezu konstant auf 2,75 Mrd. t CO₂ eingeschätzt werden können, führten Detailbetrachtungen von Regionen oder diskreten Einzelstrukturen zu einer stufenweisen Verbesserung des Kenntnisstandes über die Speichermöglichkeiten in den bisher weit weniger explorierten salinaren Aquiferen. In der Konsequenz belaufen sich die Kapazitäten dieser Option nach unserem aktuellen Verständnis auf 6,3 bis 12,8 Mrd. t CO₂. Die tatsächlich realisierbaren Speicherkapazitäten werden letztendlich jedoch auch von den Nutzungskonkurrenzen sowie insbesondere von der öffentlichen Akzeptanz in den potenziellen Speicherregionen abhängen.

AKE 7.3 Wed 10:30 BEY 118

Der Energiespeicherbedarf Europas — ●TOBIAS TRÖNDLE, ULRICH PLATT und WERNER AESCHBACH-HERTIG — Institut für Umweltphysik, D-69120 Heidelberg

Bedingt durch den Klimawandel und die Verknappung fossiler Rohstoffe, befindet sich unser Energieversorgungssystem im Wandel. Verstärkt kommt die Nutzung erneuerbarer Energien zum Einsatz. Hierbei liegt mit das größte Potential in den natürlich variierenden Energiequellen Wind und solare Einstrahlung.

Da sich der Bedarf an elektrischer Energie meist nicht auf das natürliche Angebot von Wind und Sonne abstimmen lässt, gewinnt die Speicherung von Energie zunehmend an Wichtigkeit für die Elektrizitätsversorgung. Doch Speichern bedeutet immer auch einen Verlust von nutzbarer Energie und ist mit zusätzlichen Kosten verbunden. Die Frage lautet demnach, wie viel Speicherkapazität wird für eine sichere Versorgung in Europa benötigt und mit welchen Mitteln lässt sich der Bedarf an Energiespeichern möglichst gering halten?

Mit Hilfe von Computermodellen für die Energieversorgung kann untersucht werden, wie bereits die Wahl des Energiemixes maßgeblich den Speicherbedarf bestimmt. So lässt sich z.B. für die Nordseeküste durch eine kombinierte Nutzung von Wind-, Wellen-, und Solarenergie der Speicherbedarf, gegenüber einem reinen Windkraftszenario halbieren. Aber auch mit Maßnahmen wie Lastmanagement oder dem Einsatz von Elektromobilität, kann Einfluss auf den Speicherbedarf genommen werden.

AKE 7.4 Wed 10:45 BEY 118

Druckluftspeicherkraftwerke und ihr Potential — ●SANAM VARDAG und ULRICH PLATT — Institut für Umweltphysik, D-69120 Heidelberg

In Zukunft wird der Anteil erneuerbarer Energien stark steigen. Da das Angebot an erneuerbaren Energien schwankt, gewinnt die Speicherung elektrischer Energie zunehmend an Bedeutung. Druckluftspeicher stellen eine vielversprechende Möglichkeit dar um künftige Schwankungen in Elektrizitätsangebot und -nachfrage auszugleichen. Bisher wurden ausschließlich Druckluftspeicher realisiert bei denen ein Nachfeuern mit fossilen Brennstoffen notwendig ist. In Zukunft ist eine CO₂ freie Speicherung vorzuziehen. Neben verschiedenen möglichen Realisierungen eines emissionsfreien Druckluftspeichers stellt vor allem die mehrstufige adiabate Kompression mit Zwischenkühlung eine interessante Prozessführung dar. Dabei dient die Außenluft als Wärmespeicher. Eine Vergrößerung der Anzahl an Kompressionsstufen verbessert den Wirkungsgrad ist aber zugleich mit höheren Investitionskosten verbunden. Die optimale Anzahl der Kompressionsstufen gilt es in einer Kosten-Nutzen Analyse noch zu ermitteln. Ein Wirkungsgrad von über 70% und ggf. bis 90% erscheint jedoch realisierbar.

AKE 8: Offshore Wind

Time: Wednesday 11:15–12:30

Location: BEY 118

Invited Talk

AKE 8.1 Wed 11:15 BEY 118

The Physics of Wind Park Optimization — ●STEFAN EMEIS — Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Atmosphärische Umweltforschung, Karlsruher Institut für Technologie, Garmisch-Partenkirchen

Power generation from wind turbines depends on wind and turbulence conditions in the atmospheric boundary layer (ABL). Future large wind parks are planned offshore amongst other reasons because wind speeds are higher and turbulence intensities are lower offshore than onshore. But lower turbulence intensities lead to more persistent turbine wakes, which should be taken into account in the optimal design of offshore wind parks. After an introduction into the basic meteorological features which influence wind power generation, an analytical model for wind park optimization based on equilibrium between momentum extraction by the turbines and momentum supply by vertical turbulent momentum fluxes from higher atmospheric layers above the wind park is presented here. It estimates the magnitude of the wind speed reduction within a large wind park and the extension of the park wake as a function of wind speed, ABL thermal stratification, surface roughness, wind turbine drag, turbine density in the park and the turbulence production by the turbines. The model simulates a clear increase of the wind speed reduction and wake length with increasing atmospheric stability and decreasing surface roughness. I.e., wind speed reduction and park wake length are considerably larger for offshore wind parks than for onshore parks. This model can be used for optimizing the distance between the turbines within a wind park as well as for optimizing the distance between adjacent wind parks.

AKE 8.2 Wed 11:45 BEY 118

Intermittent Structures in Atmospheric Wind Fields — ●ÖRSAN YÜKSEK, TANJA MÜCKE, and JOACHIM PEINKE — ForWind Center for Wind Energy Research, University of Oldenburg, Germany

For design processes and load calculations of wind energy converters (WEC) realistic synthetic wind fields are needed. The widely used norm is the standard IEC 61400. The IEC standard considers different simulation methods based on Gaussian statistics. However, the analysis of the measured wind fields by means of velocity increment statistics yields that these do not obey Gaussian statistics but are quite intermittent. The intermittent nature of atmospheric wind affects the

whole chain of the wind energy conversion process and is assumed to be a major effect for additional loads and fatigue. A recently proposed method based on continuous time random walks (CTRWs) adequately reproduces the intermittency of turbulent atmospheric velocity increments on small time scales and provides wind fields with the desired high order two point statistics. In this work, we analyze highly time-resolved data sets measured in an extensive grid over the whole rotor plane of a WEC. The atmospheric wind fields are characterized statistically and the dependency of the higher order two point statistics on turbulence intensity, mean wind speed and height is shown. With this knowledge we are able to generate synthetic CTRW wind fields with the correct small scale structure.

Invited Talk

AKE 8.3 Wed 12:00 BEY 118

Offshore- Windparks; Ausgewählte Anforderungen aus dem Genehmigungsverfahren und der Praxis der Errichtung — ●CHRISTIAN DAHLKE — Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg

Die Bundesregierung hat in ihrem Energiekonzept 2010 analog der beiden andersfarbigen Vorgänger- Regierungen festgelegt, dass sie bis zum Jahr 2030 25.000 Megawatt installierte Leistung aus Offshore-Windparks realisiert sehen will. Ende 2010 waren allerdings nur 80 Megawatt am Netz. Es besteht für die nächsten beiden Dekaden ein Erfordernis an Wachstum und ein immenser Bedarf an technischem Know-How sowie an gut ausgebildeten Menschen, die diese ehrgeizigen Ziele umzusetzen helfen. Der Vortrag stellt zunächst die Rechtsgrundlagen für Errichtung und Betrieb sowie den aktuellen Stand der im Genehmigungsverfahren befindlichen Windpark-Vorhaben im Offshore Bereich dar. Sodann werden verschiedene Voraussetzungen für die Erteilung einer Genehmigung sowie die Schritte zur Realisierung des Vorhabens skizziert. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Darstellung der Entwicklung der für die Errichtung erforderlichen Standards und Normen, die es für die Errichtung derartiger Offshore- Vorhaben bisher nicht gab. Referiert werden insbesondere Themen, die spezifisch maritime Probleme darstellen. Ferner werden mit den Themen Emission - insbesondere (Ramm-)Schall und Schwerkraftfundamente-zwei spezielle Punkte vorgestellt, die den engen Zusammenhang zwischen physikalisch- konstruktiven Elementen und wichtigen Belangen des Schutzes der Meeresumwelt aufzeigen.

AKE 9: Geothermie

Time: Wednesday 14:00–14:30

Location: BEY 118

Invited Talk AKE 9.1 Wed 14:00 BEY 118
Geothermie für Grundlaststrom und Wärmeversorgung - internationale Nutzung, Potential und technologische Entwicklungen — ●DAVID BRUHN und ERNST HUENGES — Deutsches Geoforschungszentrum Potsdam

Geothermie bietet eine saisonal unabhängige, also grundlastfähige erneuerbare Quelle der Energieversorgung. Weltweit werden geothermische Ressourcen schon seit fast 100 Jahren zur Stromerzeugung genutzt, die direkte Nutzung der Wärme ist seit der Antike bekannt.

Ist ein geothermisches Reservoir zwar warm, die Fließrate der erschlossenen Wassermenge jedoch zu gering für eine wirtschaftliche Energiegewinnung wird die Durchlässigkeit des Reservoirgesteins künstlich durch Stimulationsmaßnahmen erhöht, man spricht dann von

”enhanced geothermal systems” (EGS). Solche Maßnahmen führen zu Erschütterungen der Erde, welche im Extremfall, vor allem in seismisch aktiven Gebieten, an der Erdoberfläche gefühlt werden können. Solchermaßen induzierte Seismizität hat bei verschiedenen Vorhaben (Basel, Landau/Pfalz) zu Akzeptanzproblemen geführt.

Die geothermische Stromerzeugung beschränkt sich heute aber nicht mehr vornehmlich auf tektonisch und vulkanisch aktive, also die ”heißen” Zonen der Erdkruste. Es werden zunehmend auch Regionen mit normalen Temperaturgradienten für die Geothermie erschlossen. Für niedrigere Temperaturen werden statt der direkten Nutzung von heißem Wasserdampf binäre Kreisläufe mit einem organischen Fluid als Arbeitsmedium eingesetzt. Oftmals werden solche Anlagen auch zur gekoppelten Strom- und Wärmebereitstellung genutzt.

AKE 10: Wärmepumpen und Kraft-Wärme-Kopplung

Time: Wednesday 14:30–16:00

Location: BEY 118

Invited Talk AKE 10.1 Wed 14:30 BEY 118
Einsatz großer Wärmepumpen im Wohnungs- und Gewerbebau — ●RÜDIGER GRIMM — geoENERGIE Konzept GmbH, Freiberg, Deutschland — BWP Bundesverband Wärmepumpe, Berlin, Deutschland

Die Nutzung der oberflächennahen Geothermie (”Erdwärme”) stellt mit ca. 30.000 errichteten Anlagen pro Jahr in Deutschland mittlerweile einen beachtenswerten Anteil an der Heizung und Klimatisierung von Wohn- und Gewerbeimmobilien dar.

Im Unterschied zu klassischen Wärmeerzeugungen und Klimatisierungen sind dabei jedoch eine Reihe von Randbedingungen zu beachten. Eine optimale und effiziente Anlage funktioniert nur in engem Zusammenspiel zwischen Haustechnik, Fachplaner und Bohrtechnik.

Der Vortrag erläutert die fachlichen, technischen und genehmigungsrechtlichen Grundlagen der Erdwärmenutzung und gibt einen kurzen Überblick über die 7 Schritte (Energiebedarf ermitteln, Untergrund bewerten, Machbarkeit betrachten, Testarbeiten durchführen, Anlage planen, Anlage errichten, Betrieb überwachen) zur Umsetzung anhand von Praxisbeispielen.

Insbesondere beim Einsatz ”großer” Wärmepumpen und die Hinzuziehung der Kühlung spielen die Wechselwirkungen im Untergrund eine wesentliche Rolle für den nachhaltigen und wirtschaftlichen Einsatz der Technologie.

AKE 10.2 Wed 15:00 BEY 118
Experimental and theoretical studies of the Magnetocaloric Effect (MCE) in the Mn₅-xFexSi₃ series — ●MICHAEL GOTTSCHLICH¹, OLIVIER GOURDON², MICHAEL OHL², THOMAS BRÜCKEL¹, and JÖRG PERSSON¹ — ¹Research Center Jülich, Germany — ²JCNS Outstationed at the SNS at Oak Ridge National Laboratory, USA

The magnetocaloric effect (MCE) based on entropy changes of magnetic materials in an applied magnetic field, holds the potential of applications for refrigeration without moving mechanical parts. Therefore it has recently attracted the attention of many scientific research groups. Although MCE was discovered a long time ago (1881) by Warburg in iron, practically usable materials of low cost which are chemically stable and safe are still being researched. Recently, after the characterization concerning magnetization measurements and refinements on x-ray data, neutron measurements on polycrystalline samples Mn₅-xFexSi₃ have been collected on the POWGEN neutron powder diffractometer at SNS. These preliminary measurements emphasize a unique atomic distribution as well as a ferromagnetic ordering along the c axis. Such effect is certainly directly linked to the MCE measured. Preliminary theoretical calculations which support our findings will also be presented.

Invited Talk AKE 10.3 Wed 15:15 BEY 118
Anforderungen an einen Wärmepumpentarif zur Überwin-

nung diskriminierender Steuern und Abgaben beim thermodynamisch optimierten Heizen — ●GERHARD LUTHER — Universität des Saarlandes, Technische Physik, F.St. Zukunftenergie

In den nächsten Jahren müssen im Bereich Gebäudewärme durchgreifende Energieeinsparungen erreicht werden. Neben der thermischen Sanierung der Gebäudehülle und anderen bautechnischen Maßnahmen sollten die Heizkessel durch thermodynamisch optimierte Wärmeerzeuger ersetzt werden. Im Vergleich zeigt sich, dass elektrische Wärmepumpen in vielen Fällen die mit Abstand energieeffizienteste Alternative sind. Umso seltsamer ist es daher, dass der thermodynamisch optimierte Einsatz von Strom zur dezentralen Wärmezeugung im Vergleich zum direkten Einsatz von Brennstoffen oder von Fernwärme in Deutschland geradezu prohibitiv durch Steuern und Abgaben belastet wird. Es werden daher Überlegungen zu einem subventionsfreien eigenständigen ”Wärmepumpentarif” vorgetragen, der beim Übergang von einer Brennstoffheizung zu einer Wärmepumpe die ursprüngliche steuerliche Belastung nicht grundlegend verändert und vernünftige Anreize zur Optimierung im Sinne des Klimaschutzes bietet. Eine derartige steuerliche und abgabenrechtliche Gleichbehandlung würde die Energiekosten für die Wärmepumpe mehr als halbieren, - dies könnte den Durchbruch bringen.

AKE 10.4 Wed 15:45 BEY 118
Kopplung von Strom- und Wärmezeugung durch Demand Side Management — ●KAI MORGENSTERN und SAGER CHRISTINA — Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Gottschalkstraße 28a, 34127 Kassel

Um die erneuerbaren Energiequellen Wind und Sonne mit ihrer fluktuierenden Einspeisung optimal zu nutzen, sind intelligente Verbrauchsteuerung und innovative Speicherlösungen erforderlich. Hier wird das Potenzial der thermischen Energiespeicherung in Wohngebäuden im Rahmen des Demand Side Managements untersucht. Wärme wird dabei mit Hilfe von Wärmepumpen generiert, deren Betrieb in Zeiten verschoben wird, in denen Überschussstrom zur Verfügung steht. Da Häuser mit guter Wärmedämmung auch bei kalter Witterung die Wärme lange speichern können, wird so ohne Komfortverlust für die Nutzer die Wärme abhängig vom Stromangebot erzeugt.

Als Beispiel wird die Stadt Wolfhagen (14.000 Einwohnern) untersucht, die bereits heute 15% ihres jährlichen Haushaltsstroms aus Photovoltaik erzeugt. Außerdem plant die Stadt die Errichtung eines Windparks mit einer Nennleistung von 10MW. Während der Heizperiode (Oktober bis März) werden Wind und Sonne dann zusammen etwa 7 GWh Überschussstrom erzeugen. Bei einer Jahresarbeitszahl von 3 könnten Wärmepumpen daraus 21 GWh Raumwärme gewinnen, was etwa 35% des gegenwärtigen Wärmebedarfs der Haushalte in der Wolfhager Kernstadt entspricht. So kann die Kopplung von Strom- und Wärmezeugung einen wichtigen Beitrag zur Integration erneuerbarer Stromerzeugung in das Energiesystem leisten.

AKE 11: Photovoltaik

Time: Wednesday 16:30–17:30

Location: BEY 118

Invited Talk

AKE 11.1 Wed 16:30 BEY 118

Status and Potential of Organic Solar Cells — ●MORITZ RIEDE — Institut für Angewandte Photophysik, Technische Universität Dresden, Germany

Organic solar cells have attracted increasing attention in recent years and their development has reached a stage at which several companies are preparing to make them commercially available. Despite lower power conversion efficiencies than their inorganic counterparts, organic solar cells have the potential to become a low-cost alternative, due to low material consumption, simple processing methods as well as the possibility for flexible and light-weight devices. This presentation summarises important recent developments and describes how the synthesis of new organic semiconductors with tailored properties, tuning the morphology of the active layers, adaption of inorganic device concepts like tandem devices, and improved light incoupling have lead to major improvements. It further outlines the current research strategies for improving the basic physical understanding, obtaining higher device efficiencies and lifetimes. Finally, based on the investigated large area production technologies it is shown that the cost can potentially be very low and organic solar cells could address large markets.

AKE 11.2 Wed 17:00 BEY 118

Efficiency enhancement of bulk-heterojunction solar cells. — MICHAEL KRÜGER^{1,2}, YUNFEI ZHOU^{1,2}, and ●MICHAEL ECK^{1,2} — ¹Universität Freiburg, Materialforschungszentrum (FMF), Freiburg, Deutschland — ²Universität Freiburg, Institut für Mikrosystemtechnik, (IMTEK), Freiburg, Deutschland

Inorganic semiconductor nanocrystals (NCs) such as CdSe NCs, with tunable bandgaps and high intrinsic charge carrier mobilities can act as good electron acceptors and be incorporated into conjugated polymers to form bulk-heterojunction hybrid solar cells. Nevertheless their power conversion efficiencies (PCEs) are still lagging behind the PCEs of fullerene based devices but they show high potential for improve-

ment. Here we report on the efficiency enhancement of CdSe NC based devices due to different postsynthetic treatments of the NCs, the use of low-bandgap polymers and optimized device structures including active layer thickness, electrode materials, novel NC hybrid structures and approaches to control the nanomorphology. PCEs approaching 3% and above are available and further enhancement can be expected by exploring and combining the above mentioned approaches.

AKE 11.3 Wed 17:15 BEY 118

GaInP/GaAs/Si Triple-Junction Solar Cell Formed by Wafer Bonding — ●KAREN DREYER, ELVIRA FEHRENBACHER, EDUARD OLIVA, ANTONIO LEIMENSTOLL, FELIX SCHÄTZLE, MARTIN HERMLE, ANDREAS BETT, and FRANK DIMROTH — Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg

Multi-junction solar cells utilise the solar spectrum more efficiently than single-junction devices by combining several pn-junctions of different bandgap energy. A combination of GaInP ($E_g = 1.9$ eV), GaAs ($E_g = 1.4$ eV) and Si ($E_g = 1.1$ eV) is nearly ideal for converting the solar spectrum. The direct growth of such highly lattice mismatched semiconductors is challenging. Wafer bonding offers a way for the combination of semiconductors regardless of their lattice constant. This presentation reports on the realization of a highly lattice mismatched triple-junction solar cell. A prefabricated GaInP/GaAs dual-junction and a silicon solar cell are combined by the use of surface activated wafer bonding. In this process the surfaces of the cell structures are cleaned by a beam of argon atoms in a UHV chamber. The wafers are brought into contact immediately after the surface activation which initializes the bonding. Under a solar simulator the GaInP/GaAs/Si triple-junction solar cell had an efficiency of 20.5 % under 1-sun AM1.5 conditions and 23.1 % under the concentrated AM1.5d spectrum (concentration ratio: 48 X). Different factors like the resistance of the bond interface and the current mismatch between the subcells are still limiting the device performance and will be discussed in the presentation.

AKE 12: Solarenergie im Sonnengürtel

Time: Wednesday 17:30–19:15

Location: BEY 118

Invited Talk

AKE 12.1 Wed 17:30 BEY 118

Clean Power from Deserts - The DESERTEC Academic Initiative — ●MICHAEL DÜREN — II. Phys. Inst., Univ. Giessen

The DESERTEC concept is simple and convincing: The abundance of solar radiation in the deserts of our planet exceeds by far the global energy demand. Using concentrating solar power plants with thermal storage, solar energy can be made available 24 h a day and can be used as a base load and to average out the fluctuations of other renewable energy sources like wind power. A large scale high voltage DC grid is required which connects the distributed sources of renewable energy with the distributed consumers on a scale of several thousand kilometres. Many large countries have their own deserts like USA, China, Australia and many others. A DESERTEC project as a joint venture of European and MENA (Middle East & North Africa) countries faces many political and legal challenges. However, the prospects of such a project for Europe are high. Not only electricity desalinated water and a lot of jobs will be generated, but more important such a project reduces the economical north-south gradient and generates a peace keeping political and economic interconnection between the EU and MENA. The DESERTEC Industrial Initiative (DII GmbH) was founded in 2009 to create a roll out plan for a possible European - MENA future project on a financial scale of about 400 billion Euros. A DESERTEC University Network was founded in 2010. An Academic Initiative is required to examine the options, prerequisites and implications of the DESERTEC concept from an interdisciplinary scientific point of view.

AKE 12.2 Wed 18:00 BEY 118

Oberflächenvermessung von Absorbercups von Solarturmkraftwerken — ●MAX WAGNER², MARKUS SAUERBORN¹, RAINER TELLE² und BERNHARD HOFFSCHMIDT¹ — ¹Solar-Institut Jülich, FH Aachen, Heinrich-Mußmann-Str. 5, D-52428 Jülich — ²Institut für Ge-

steinshüttenkunde, RWTH Aachen, Mauerstr. 5, D - 52064 Aachen

Solarthermische Kraftwerke konzentrieren das Sonnenlicht auf spezielle Absorber, die die Strahlung in thermische Energie umwandeln. Die verwendeten keramischen Absorber im Solarturmkraftwerk Jülich sind auf thermische Stabilität und hohe Absorption ausgelegt. Die Oberflächeneigenschaften sollen zukünftig auf verschiedene Weise optimiert werden, um den Wirkungsgrad weiter zu steigern.

Ein neuer Messaufbau ermöglicht eine Vermessung von verschiedenen optischen und thermischen Größen. Die keramischen Absorbercups können hierfür in einem Ofenelement über 800 °C erhitzt werden, wobei die Frontfläche für optische Messungen frei zugänglich bleibt. So können Absorption und Reflexion in Abhängigkeit von der Temperatur bestimmt werden. Für Reflexionsmessungen wird der Absorber mit einer Parallelstrahlungsquelle beleuchtet. Ein spezielles Verfahrensystem stellt den Absorber in verschiedene Winkel zur Einstrahlung, um die Ausrichtung der Absorberfläche gegenüber den Spiegeln im Heliostatenfeld zu simulieren. Mit einem integrierten und ebenfalls verfahrenbaren Spektrometerkopf lässt sich dann der winkelabhängige, spektrale Reflexionsgrad bestimmen. Aus den Reflexionsdaten lassen sich darüber zusätzlich Werte für die Absorption ermitteln.

Invited Talk

AKE 12.3 Wed 18:15 BEY 118

Hochkonzentrierende Photovoltaik: Entwicklungsstand und Perspektiven — ●ANDREAS WALTER BETT — Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme, Heidenhofstraße 2, 79114 Freiburg

Die zukünftige Energieversorgung wird auf Erneuerbaren Energien basieren! Die Photovoltaiktechnologie spielt in jedem Zukunftsszenario eine wichtige Rolle. Trotz drastischer Kostensenkung in den letzten 10 Jahren sind die Stromgestehungskosten für photovoltaisch erzeugte Energie noch deutlich über 10 €cent/kWh. Es gilt also die Kosten weiter zu senken. Ein technologisch sehr interessanter Ansatz ist, die Lichtsammelfunktion und die Energiewandlerfunktion einer Solarzel-

le zu trennen. Bei der hochkonzentrierenden Photovoltaik wird daher auf großer Fläche das Licht eingesammelt und mit einer Optik auf eine kleine Solarzelle fokussiert. So kann vergleichsweise teureres Halbleitermaterial reduziert werden und auch hocheffiziente Zellstrukturen kosteneffizient eingesetzt werden. Derzeit werden Dreifach-Stapelzellen eingesetzt, die Spitzenwirkungsgrade über 41 % erzielen. Nutzt man diese hocheffizienten Zellen, können heute Modulwirkungsgrade bis 30 % erzielt werden. Konzentratorsysteme im Betrieb erreichen AC-Spitzenwirkungsgrade über 25 % und stellen somit die effizienteste Technologie im Bereich der Photovoltaik dar. Konzentratorsysteme werden an Standorten mit hoher Sonneneinstrahlung eingesetzt und werden dort im Kraftwerksverbund von mehreren MW betrieben. Der Vortrag gibt einen Überblick über den aktuellen Entwicklungsstand und über die neusten Entwicklungen im Labor.

Invited Talk AKE 12.4 Wed 18:45 BEY 118
Aufwindkraftwerke: Funktionsweise, Prototyp, Zukunftsperspektiven — ●GERHARD WEINREBE — Schlaich Bergermann Solar, Stuttgart, Germany

Ein Aufwindkraftwerk kombiniert den Treibhauseffekt mit dem Ka-

mineffekt, um aus Sonnenstrahlung elektrische Energie zu gewinnen: Unter einem kreisförmigen Dach wird Luft durch die Sonnenstrahlung erwärmt. In der Mitte des Dachs steht eine Kaminröhre mit Zuluftöffnungen am Fuß. Das Dach ist luftdicht an den Kaminfuß angeschlossen. Da warme Luft eine geringere Dichte als kalte Luft hat, steigt sie im Kamin auf. Die in der Luftströmung enthaltene Energie wird mit Hilfe druckgestufter Turbogeneratoren in elektrische Energie umgewandelt.

Nach Voruntersuchungen und Experimenten im Windkanal wurde in den Jahren 1981/82 in Spanien eine Experimentieranlage errichtet und sieben Jahre betrieben. Sie lieferte wichtige Messdaten.

Große Anlagen haben das Potenzial, kostengünstig Solarstrom bereitzustellen. Dafür sind große Kollektorflächen und Kamine mit Höhen von bis zu rund 1000m erforderlich. Die Bemühungen um den Bau einer solchen Großanlage wurden in den letzten Jahren intensiviert, bislang noch ohne Erfolg.

Im Vortrag werden die physikalischen Grundlagen des Aufwindkraftwerks dargestellt, dabei wird auch auf den Prototypen in Spanien eingegangen. Dann wird ein Ausblick auf geplante Großanlagen und die Ansätze zur technischen Umsetzung gegeben.

Den Abschluss bildet ein Vergleich des Aufwindkraftwerks mit anderen solarthermischen Kraftwerkskonzepten.