

Working Group Energy Matters Arbeitskreis Energie (AKE)

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

Die Sicherstellung unserer Energieversorgung unter gleichzeitiger Wahrung der globalen Klimaschutzbelange stellt eine der größten Herausforderungen unseres Jahrhunderts dar. Sie kann nur durch einen intelligenten, neue technologische Entwicklungen ausnutzenden Energiemix gemeistert werden, der sich aus Energiesparen und Effizienzsteigerung, verstärktem Einsatz erneuerbarer Energien, fossilen Kraftwerken mit CO₂-Abscheidung, inhärent sicheren Kernkraftwerken und später vielleicht Fusionsreaktoren zusammensetzt.

Im folgenden Programm werden einige dieser Energiesysteme näher diskutiert. Ausserdem werden der neueste IPCC Klimabericht, der Stern-Report über die ökonomischen Folgen des Klimawandels und der Vorschlag der Europäischen Kommission zur zukünftigen europäischen Energiepolitik vorgestellt.

Das Programm wird ergänzt durch das gemeinsam mit den Fachverbänden Umweltphysik und Extraterrestrische Physik veranstaltete Symposium "Energy and Extraterrestrial Influences on the Climate" (SYEE) am Dienstag Vormittag von 9:30 bis 13:00 Uhr (Hörsaal H46).

Overview of Invited Talks and Sessions

(lecture room H45)

Invited Talks

AKE 1.1	Mon	14:00–14:45	H45	The Zero Emission Fossil Fuel Power Plant - from Vision to Reality — •LARS STRÖMBERG
AKE 2.1	Mon	16:00–16:45	H45	Human Induced Climate Change: The IPCC Fourth Assessment — •BILL HARE
AKE 4.1	Tue	14:00–14:45	H45	Ökonomische Bewertungen der Klimawandel-Folgen — •REINER KÜMMEL
AKE 5.1	Tue	14:45–15:30	H45	An Energy Policy for Europe — •JEAN-CLAUDE SCHWARTZ
AKE 6.1	Tue	16:00–16:45	H45	Reaktorkonzepte der vierten Generation — •THOMAS SCHULENBERG
AKE 7.1	Tue	16:45–17:30	H45	Fusion as a Future Energy Source — •DAVID J. WARD

Sessions

AKE 1.1–1.3	Mon	14:00–15:30	H45	Carbon Capture and Storage
AKE 2.1–2.1	Mon	16:00–16:45	H45	Climate Change I – The Fourth IPCC Report
AKE 3.1–3.3	Mon	16:45–17:30	H45	Solar and Hydrogen Technology, Fuel Cells
AKE 4.1–4.1	Tue	14:00–14:45	H45	Climate Change II – An Economical Assessment (Stern-Report)
AKE 5.1–5.1	Tue	14:45–15:30	H45	European Energy Policy
AKE 6.1–6.1	Tue	16:00–16:45	H45	Generation IV Nuclear Reactor Concepts
AKE 7.1–7.1	Tue	16:45–17:30	H45	Fusion as a Future Energy Source

AKE 1: Carbon Capture and Storage

Time: Monday 14:00–15:30

Location: H45

Invited Talk

AKE 1.1 Mon 14:00 H45

The Zero Emission Fossil Fuel Power Plant - from Vision to Reality — ●LARS STRÖMBERG — Vattenfall AB, SE-16287 Stockholm, Sweden

Sufficient supply of energy without fossil fuels is not possible the next fifty years, neither in the world, nor in Europe. Thus, we must find a solution to use coal, without endangering the environment. Carbon Capture and Storage, CCS, might be the answer.

At a cost of about 20 €/ton CO₂, there exist technologies, which can be ready for commercial application in 2020. After that, even more cost effective technologies will be developed. The targets set by the EU, to reduce emissions by more than half until 2050, cannot be reached without CCS.

However, CCS is very powerful, but not the only tool. All ways to reduce emissions, including renewables and nuclear must be used.

The technologies are known to a large extent. Most components exist, but are not large enough and not optimized for this purpose. The extra cost is depending on additional investments, but also largely due to the energy penalty the CO₂ separation process gives.

To put emphasis behind the words, Vattenfall has started an R&D program to develop technology for CCS in a ten-year process. As part of that, Vattenfall is building a Pilot Plant including all process steps from coal input to liquid CO₂. It will be ready in 2008.

In parallel, preparations for a demonstration plant are ongoing. It will be a coal fired full size plant with storage on shore. That can be ready for operation in 2015.

AKE 1.2 Mon 14:45 H45

Perspektiven für CO₂-Abscheidung und Abtrennung in Deutschland – eine systemanalytische Betrachtung bis 2050 — ●PETER VIEBAHN¹, JOACHIM NITSCH¹ und MANFRED FISCHEDICK² — ¹Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Pfaffenwaldweg 38-40, D-70569 Stuttgart — ²Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Döppersberg 19, D-42103 Wuppertal

In den vergangenen Jahren hat die Diskussion über die CO₂-Abtrennung und Speicherung vor dem Hintergrund der Erreichung der angestrebten Klimaschutzziele sehr an Bedeutung gewonnen. Die Technologie ist nicht neu. Für ihren Einsatz sind aber noch zahlreiche Fra-

gen offen. Eine detaillierte Auseinandersetzung mit den ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen über die gesamte Prozesskette lag bisher nicht vor. Im Fokus einer aktuell abgeschlossenen Untersuchung standen daher folgende Leitfragen:

Wie sehen denkbare Pfade für die CO₂-Abtrennung und Speicherung aus (Technologien, Infrastrukturen) und wie sind sie auf der Zeitachse einzuordnen (Entwicklungszeiträume)?

Wie stellt sich die Ökobilanz dieser Prozessketten dar und wie ist diesbezüglich die CO₂-arme fossile Stromerzeugung im Vergleich zu anderen CO₂-freien Optionen zu werten?

Welche Rolle kann die CO₂-Abtrennung und Speicherung für den Klimaschutz im Vergleich zu anderen relevanten Optionen und wann leisten?

Welche Rolle kann die CO₂-Abtrennung und Speicherung als mögliche Brücke für ein regeneratives Energiesystem auf nationaler respektive internationaler Ebene spielen?

AKE 1.3 Mon 15:15 H45

Ein faseroptisch beleuchteter Photo-Bioreaktor für die Reduktion von CO₂ aus dem Rauchgas von Kraftwerken — ●CHRISTIAN SCHNEIDER und HILMAR FRANKE — FB Physik, Universität Duisburg-Essen, Lotharstr.1, D-47057 Duisburg

Das Treibhausgas CO₂ wird aus dem Rauchgas fossiler Kraftwerke zunächst als Bikarbonat in Wasser gelöst. Zusammen mit einer Suspension von Grünalgen wird dieses kohlenstoffhaltige Wasser in einem Photobioreaktor umgepumpt. Bei Beleuchtung mit Sonnenlicht läuft im Bioreaktor Photosynthese ab. Die Algen bilden unter Verbrauch von CO₂ weitere Biomasse. Die Algenkonzentration wird schnell so groß, dass die Eindringtiefe des Lichtes nur noch wenige Millimeter beträgt. Die Konsequenz wäre eine riesige benötigte Reaktorfläche.

In dem vorgestellten Faseroptik-Konzept wird die Lichtsammlung vom Reaktor entkoppelt. Der Reaktor kann beliebig geformt und dimensioniert werden. Mittels solarthermischer Konzepte soll Sonnenlicht gesammelt werden und möglichst verlustarm zum Reaktor transportiert und eingespeist werden. Für die Lichteinspeisung ist ein System erforderlich, welches möglichst gleichmäßig ein Volumen mit hoher Absorption und Streuung beleuchtet. Es werden verschiedene Konzepte dafür diskutiert.

AKE 2: Climate Change I – The Fourth IPCC Report

Time: Monday 16:00–16:45

Location: H45

Invited Talk

AKE 2.1 Mon 16:00 H45

Human Induced Climate Change: The IPCC Fourth Assessment — ●BILL HARE — Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), Telegrafenberg A31, P.O. Box 601203, D-14412 Potsdam

The IPCC Fourth Assessment Report on the physical basis of climate change, to be concluded in Paris in February 2007, provides a new benchmark for the projected effects of human activities on the climate system. Significant improvements in understanding and attributing observed climate system changes, particularly at the regional level,

have occurred in the 6 years since the Third Assessment Report was concluded in 2001. Uncertainties in the climate sensitivity and in radiative forcing from aerosols and other climate forcing agents have narrowed since the last assessment. Improvements in projections of global and regional changes in climate and extremes have also been substantial and are briefly reviewed. Projection of sea level rise has been and remains one of the most uncertain elements for the future and the gap between projections from continental ice sheet models and the recent behaviour of the ice sheets (Greenland and Antarctica) remains an area of active research and consequential uncertainty.

AKE 3: Solar and Hydrogen Technology, Fuel Cells

Time: Monday 16:45–17:30

Location: H45

AKE 3.1 Mon 16:45 H45

A Systematic Study on the Deposition of μm Thick CuInS₂ Spray ILGAR Layers — ●CHRISTIAN CAMUS, DANIEL ABOURAS, NICHOLAS ALLSOP, WOLFGANG BOHNE, SOPHIE GLEDHILL, IVER LAUERMANN, MARTHA CHRISTINA LUX-STEINER, JÖRG RÖHRICH, and CHRISTIAN-HERBERT FISCHER — Hahn-Meitner-Institut Berlin, Glienicke Str. 100, D-14109 Berlin

The Spray Ion Layer Gas Reaction (ILGAR) is a new non-vacuum

process, well suited for roll-to-roll production. In the first step of the process a metal salt solution is sprayed onto a heated substrate. The resulting solid layer is converted to the metal sulfide by H₂S. Both steps are repeated until the desired thickness is achieved. Recently In₂S₃ buffer layers for highly efficient Cu(In,Ga)(S,Se)₂ solar cells have been deposited by this method. Now we have significantly extended the process and enabled the deposition of copper containing compounds, such as CuInS₂. By aerosol preheating, temperature optimization and

the use of appropriate precursor-salts, the deposition rate has been increased from 3nm/cycle up to 35nm/cycle in order to achieve μm thick films needed for solar cells. However, in addition to CuInS_2 , In_2O_3 was also detected, which was strongly reduced by H_2S -postannealing. Nevertheless, XPS-, ERDA-, SEM- and EDX-measurements still revealed some structural and chemical inhomogeneities. Thus several approaches like a reducing atmosphere were tested to further improve the layer quality. Working solar cells have been produced with these CuInS_2 absorber layers. Their optimization with respect to photovoltaic performance is in progress.

AKE 3.2 Mon 17:00 H45

Hydrogen Permeability of Nb Membrane Annealed Under Ultra High Vacuum — •HELMUT TAKAHIRO UCHIDA¹, YOSHIHIRO YAMAZAKI², ATSUNORI KAMEGAWA³, HITOSHI TAKAMURA³, JUNICHI KOIKE³, MASUO OKADA³, ASTRID PUNDT¹, and REINER KIRCHHEIM¹ — ¹Institut für Materialphysik, Göttingen, Germany — ²California Institute of Technology, California, USA — ³Department of Materials Science, School of Engineering, Tohoku University, Sendai, Japan

In this research, hydrogen permeability of Pd-free Nb membrane using hydrogen annealing process by ultra high vacuum equipment was investigated. Pure Nb (99.85 percent) was used as membrane. The hydrogen permeation experiment was carried out in the temperature range of 773-1173K, and the H_2 pressure range of 1-3.5 atm in the inlet side. Hydrogen flux and hydrogen pressures in the inlet side and outlet side of chamber were measured using mass flow meter and capacitance manometer, respectively. Hydrogen permeability was determined by Fick's first law.

Effects of annealing conditions and heat treatment under hydrogen atmosphere on hydrogen permeability were investigated. It is supposed that the surface oxidation of Nb is reduced by the hydrogen annealing. Moreover, it is found that the value of hydrogen permeability becomes almost equivalent to the theoretical value when the sample preparation

was optimized by an extension of the evacuating time. The best hydrogen permeability is obtained in metal membranes using the annealing under ultra-high vacuum and pure hydrogen atmosphere.

AKE 3.3 Mon 17:15 H45

Synthesis and Magnetic Properties of Porphyrin-based Electrocatalysts for the Oxygen Reduction in a Fuel Cell — •ULRIKE INGRID KOSLOWSKI¹, SEBASTIAN FIECHTER¹, KLAUS LIPS¹, IRMGARD ABS-WURMBACH², JAN BEHREND¹, GERRIT SCHMITHALS¹, and PETER BOGDANOFF¹ — ¹Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH, Glienicke Str. 100, D-14109 Berlin — ²Technische Universität Berlin, Straße des 17. Juni 135, D-10623 Berlin

International research efforts have been made to find alternative catalysts instead of platinum for the ORR in fuel cells. N_4 -metallomacrocycles are well known as materials for the reduction of oxygen. Heat treatment of these materials impregnated on carbon black results in highly active catalysts [1].

We would like to introduce a new preparation technique: By using a foaming agent (such as iron oxalate) during the decomposition of the porphyrin a highly porous carbon matrix is formed in situ with integrated catalytic centres [2].

For both preparation methods (impregnation and using a foaming agent) only a diluted number of catalytic centres are formed in the carbon matrix. It is assumed that these centres are transition metal ions coordinated by nitrogen in graphene type layers. We suppose that there are also differences in the structure of both catalytic systems.

To compare and to characterise these methods Electron Paramagnetic Resonance (EPR) and 57Fe Mössbauer spectroscopic (MS) experiments were performed. Additional measurements will illustrate the differences of the macroscopic structure of both materials. [1] Top. Curr. Chem. 1976, 61, 133 [2] J. New. Mat. Electrochem. Sys. 2004, 7, 85

AKE 4: Climate Change II – An Economical Assessment (Stern-Report)

Time: Tuesday 14:00–14:45

Location: H45

Invited Talk

AKE 4.1 Tue 14:00 H45

Ökonomische Bewertungen der Klimawandel-Folgen — •REINER KÜMMEL — Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Universität Würzburg, Am Hubland, D-97074 Würzburg

Einfache Abschätzungen der Wohlfahrtsverluste durch die Folgen des Klimawandels (Überflutung der Küstengebiete, drastischer Rückgang der Nahrungsmittelproduktion) nennen Schäden, die 0-3% der globalen Wirtschaftsleistung nicht übersteigen. Integrierte Wirtschaftsmodelle ergeben Verluste bis 10% neue Studie (Stern Review) hat die Modellierung der Wohlfahrtsverluste hinsichtlich Zukunftsdiskontierung und Risikobewertung verfeinert. Zur Berechnung der Wohlfahrt werden abdiskontierte, konsumabhängige Nutzenfunktionen über die Zeit integriert. Das geschieht für eine Menge verschiedener Wachstumspfade, die sich an Annahmen über Klimawandel-Folgen orientieren und

über die gemittelt wird. Gestützt auf die Daten des IPCC Third Assessment Report 2001 kommt die Studie bei Trendfortschreibung der Treibhausgas-Emissionen („business as usual“) zu jährlichen Verlusten des mittleren globalen pro-Kopf-Einkommens zwischen 5 und 20% gegenüber einem durch die Folgen des Klimawandels nicht betroffenen pro-Kopf-Einkommen; dabei wird ein jährliches globales Wirtschaftswachstum von 1,9% und ein Bevölkerungswachstum von 0,6% angenommen. Die betrachteten Zeiträume liegen zwischen 50 und 200 Jahren. Demgegenüber werden die jährlichen Kosten von international abgestimmten Maßnahmen zur Stabilisierung der Konzentration der Treibhausgase bei 500-550 ppm Kohlendioxid-Äquivalente im Jahr 2050 auf etwa 1% des BIP geschätzt. Ein Dekarbonisierungs-Szenario, das von neuen ökonomischen Untersuchungen über den Beitrag der Energie zum Wirtschaftswachstum ausgeht, lässt höhere Kosten der Emissionsminderung erwarten.

AKE 5: European Energy Policy

Time: Tuesday 14:45–15:30

Location: H45

Invited Talk

AKE 5.1 Tue 14:45 H45

An Energy Policy for Europe — •JEAN-CLAUDE SCHWARTZ — European Commission, General Directorate Energy & Transport, Directorate C, B-1049 Brussels

The point of departure of a European energy policy is threefold: combating climate change, promoting jobs and growth, and limiting the EU's external vulnerability to gas and oil imports.

To achieve these objectives, the Commission proposes to focus on a number of energy related measures: improving energy efficiency; raising the share of renewable energy in the energy mix, as well as new

measures to ensure that the benefits of the internal energy market reach everyone; reinforcing solidarity among Member States, with a more long term vision for energy technology development; a renewed focus on nuclear safety and security; and determined efforts for the EU to "speak with one voice" with its international partners, including energy producers, energy importers and developing countries.

The European Commission's Strategic Energy Review is an important step towards an effective energy policy for Europe. The Review includes a ten-point energy Action Plan with a timetable of measures to put the EU on course to achieve the new strategic objective. A first package of concrete measures is presented with the Action Plan.

AKE 6: Generation IV Nuclear Reactor Concepts

Time: Tuesday 16:00–16:45

Location: H45

Invited Talk

AKE 6.1 Tue 16:00 H45

Reaktorkonzepte der vierten Generation — ●THOMAS SCHULENBERG — Institut für Kern- und Energietechnik, Forschungszentrum Karlsruhe, 76021 Karlsruhe

Vor ca. 5 Jahren gründeten 10 Nationen, darunter USA, Canada, Japan, Südkorea, Südafrika und Frankreich, das Generation IV International Forum mit dem Ziel, gemeinsam nukleare Systeme der 4. Generation zu entwickeln, die in 30 Jahren oder auch später benötigt werden könnten. Der Initiative schlossen sich später die Euratom-Länder und kürzlich China und Russland an. Die Systeme sollten wirtschaftlich, sicher und zuverlässig sein, sie sollten eine nachhaltige Versorgung mit Kernenergie ermöglichen und wenig Abfall erzeugen, aber nur ein geringes Risiko der Proliferation von Spaltmaterial haben.

In diesem weltweiten Forschungsprogramm werden heute 6 Reaktorkonzepte näher untersucht. Fortschrittliche Leichtwasserreaktoren mit

überkritischen Dampfzuständen, analog der Weiterentwicklung fossil gefeuerter Dampfkraftwerke, sollen höhere Wirkungsgrade bei kleineren Anlagenkosten ermöglichen als heutige Druckwasserreaktoren. Helium gekühlte Hochtemperaturreaktoren, die neben Strom auch Prozesswärme bereitstellen können, setzen die Entwicklung des deutschen Kugelhaufenreaktors fort. Schnelle Reaktoren für eine nachhaltige Nutzung von Spaltmaterial, die alternativ mit Helium, Blei oder Natrium gekühlt werden, sollen Plutonium verwerten ohne waffentaugliches Spaltmaterial zu erzeugen. Schließlich ist noch ein recht innovatives Konzept zu erwähnen, bei dem Spaltmaterial in flüssigem Salz gelöst wird, um kontinuierlich Spaltstoff zuzuführen und Spaltprodukte abziehen zu können. Der Vortrag gibt eine kurze Einführung in jedes dieser Reaktorkonzepte und dessen Entwicklungsziele. Der heutige Stand der Entwicklungsarbeiten wird anhand konstruktiver Ansätze veranschaulicht, die vor kurzem veröffentlicht wurden.

AKE 7: Fusion as a Future Energy Source

Time: Tuesday 16:45–17:30

Location: H45

Invited Talk

AKE 7.1 Tue 16:45 H45

Fusion as a Future Energy Source — ●DAVID J. WARD — EURATOM/UKAEA Fusion Association, Culham Science Centre, Abingdon, Oxfordshire, OX14 3DB, UK

With the beginning of construction of ITER, a power plant-scale device designed to produce 500 MW of fusion power, fusion is moving from the laboratory to industrial scale. In parallel to the work to develop fusion, studies are carried out on the characteristics of fusion if and when it is successfully introduced into the energy market.

The important aspects of a new energy source relate to its fuel supply, potential capacity, economic properties and its environmental and safety properties. These have all been studied for fusion, based on conceptual designs of what a fusion power station would look like.

In terms of fuel resources, fusion has enormous potential, with supplies for at least thousands of years, and probably millions of years, of energy supply. Understanding of the economic properties of fusion,

assuming successful development, is possible because the design of the major components is already known. The studies show that, if a high availability can be achieved, the economic performance is reasonable, with a range of costs which lies in the range of other low carbon sources of energy.

The safety and environmental characteristics of fusion are intrinsic strengths. The energy inventory in the plant is too low to drive a major accident and even in the worst conceivable accident there is not much hazardous material that could be released to the environment. This allows fusion plants to be designed that would not require evacuation of the local population even in the worst accident. There are no climate changing emissions and little release of hazardous material to the environment.

Fusion has the potential to be an environmentally responsible, low carbon, energy source for the future, with very large fuel resources. The main challenge remains to harness fusion power in industrial scale devices, such as ITER.