

Working Group on Energy Arbeitskreis Energie (AKE)

Hardo Bruhns
Meliesallee 5
40597 Düsseldorf
ake@bruhns.info

This year's programme of the Energy Working Group (Arbeitskreis Energie, AKE) comprises 13 sessions which deal with energy technologies based on geological, biological, chemical and physical research in conjunction with engineering developments. Two of these sessions, arranged by the AKE, are joint sessions with the CPP and UP divisions, respectively. Furthermore, the Robert-Wichard-Pohl prize talk by C. Buchal (Tuesday) and the plenary talk by R. Schlögl (Friday) are associated to the programme. The sequence of sessions is imposed to some extent by constraints in the availability of the speakers and in designing joint sessions.

The major motivation for the international energy turn, recently discussed at the COP21 in Paris, is the climate change. Two talks are devoted to this topic as well as the impact of wind electricity production on the environment and local climate (AKE 13, jointly with UP) which becomes an issue with the massive deployment of wind turbines triggered by the „Energiewende“.

A number of talks are related to the German „Energiewende“ and its international siblings. General innovation aspects are discussed (AKE 3) as well as the question whether the impact on economy politically has ever been a sufficient optimizing parameter when from the outset almost the entire bill has been charged not to federal and state budgets but to the accounts of electricity consumers (AKE 5).

Regarding electricity generation, novel high-efficiency photovoltaic approaches are discussed (AKE 9, jointly with CPP), as well as the challenge of mitigating and managing the grid with the forthcoming dominating fluctuating electricity generation by wind turbines and photovoltaics and optimizing the deployment of the different generating technologies (AKE 10, comprising also climatologic modelling). A particularly relevant and difficult area is electricity storage (AKE 6 and Plenary Talk by R. Schlögl) for providing back-up generation and absorbing excess electricity production. According to present political plans the latter will be of same order or even larger than directly useful electricity production. Therefore system studies how to use excess electricity production, e.g. for a hydrogen economy, are highly relevant (AKE 7).

It would be worthwhile to foster R&D and deployment of non-fluctuating sources such as geothermal electricity (and heat). An interesting feature is the combination of this technology with CO₂ sequestration (AKE 1), in particular since internationally the trend of massive fossil fuel use is unbroken. Also electro-reduction of CO₂ by using excess electricity generation has come into focus (AKE 8).

Combined heat and power is strongly fostered by German politics via economic support measures, although electric heat pumps show superior performance in many situations and are the obvious corollary to future dominant renewable electricity production (AKE 2). Thermal power plants and other energy converters produce large amounts of waste heat. Thermoelectric materials, though R&D is still at laboratory assessment, offer options for reducing the anenergetic part of this waste heat (AKE 12).

Electricity, the most discussed energy vector, currently accounts only for one fifth of the German end energy use. One third is related to fuel in the transport sector. Options for novel biofuel production are discussed (AKE 1) as well as industrial strategies for future mobility (AKE 4).

International forecasts assume fission power as a provider of at least a constant fraction of the future (strongly growing) world electricity supply. Five years after the Tsunami on March 11, 2011, destroying the Fukushima reactors and thereby provoking an accident of the most severe nature according to the INES scale, it is worthwhile to assess with meanwhile much improved knowledge and understanding the causes and sequence of the events in the accident and its consequences, including, in particular, also the radiological impact on society (AKE 11).

Overview of Invited Talks and Sessions

(Lecture room H3)

Invited Talks

AKE 1.1	Mon	9:30–10:00	H3	Processes for Advanced Fuel Production from Biomass — ●JÖRG SAUER
AKE 1.2	Mon	10:00–10:30	H3	Combined CO ₂ -storage and geothermal energy extraction: potential and options — ●MARTIN O. SAAR
AKE 2.1	Mon	10:30–11:00	H3	Wärmepumpe oder KWK - was passt zur Wärmewende — ●GERHARD LUTHER
AKE 3.1	Mon	11:30–12:00	H3	Trends und Innovationen im Energiesektor — ●KLAUS WILLNOW
AKE 4.1	Mon	12:00–12:30	H3	Antriebs- und Kraftstoffstrategien für die zukünftige Mobilität — ●STEFAN SCHMERBECK
AKE 5.1	Mon	15:00–15:30	H3	Die Defizite der Energiewende — ●MANUEL FRONDEL
AKE 6.1	Mon	15:30–16:00	H3	Perspektiven und Limitierungen (elektro-)chemischer Energiespeicher – von der Batterie bis zu Power-to-X — ●RÜDIGER-A. EICHEL
AKE 7.1	Mon	16:00–16:30	H3	Methodische Aspekte der Systemanalyse zur Energiewende — ●DETLEF STOLTEN, MARTIN ROBINIUS, THOMAS GRUBE, SEBASTIAN SCHIEBAHN
AKE 9.1	Tue	9:30–10:00	H3	Multi junction concepts for photovoltaics and artificial photosynthesis: Critical points of current and future high-performance solar energy conversion — ●THOMAS HANNAPPEL
AKE 11.1	Tue	14:00–14:30	H3	Der Reaktorunfall von Fukushima - Ursachen, Ablauf und Folgen des Unfalls sowie Maßnahmen zur Bewältigung der Unfallfolgen — ●WALTER TROMM, MARTIN BRANDAUER, ROBERT STIEGLITZ
AKE 11.2	Tue	14:30–15:00	H3	Der Reaktorunfall von Fukushima Dai-ichi: die radiologischen Konsequenzen für die Bevölkerung — ●ROLF MICHEL
AKE 12.1	Tue	15:00–15:30	H3	Energiegewinnung durch Nanostrukturierte Thermoelektrika: Von Thomas Seebeck zum thermoelektrischen Generator — ●KORNELIUS NIELSCH
AKE 13.1	Wed	9:30–10:00	H41	Globale Klimavariabilität im Industriezeitalter - Phänomene und Ursachen — ●CHRISTIAN-DIETRICH SCHÖNWIESE
AKE 13.2	Wed	10:00–10:30	H41	The 2°C climate policy goal: Chances & Challenges — ●HERMANN HELD
AKE 13.3	Wed	10:30–11:00	H41	How regional climate interacts with wind power generation — ●ROBERT VAUTARD
AKE 13.4	Wed	11:00–11:30	H41	Offshore-Windenergienutzung - Chancen, Herausforderungen und Auswirkungen aus meteorologischer Sicht — ●STEFAN EMEIS

Sessions

AKE 1.1–1.2	Mon	9:30–10:30	H3	Renewable Energy - Biomass, Geothermal Energy and CO ₂ -Sequestration
AKE 2.1–2.2	Mon	10:30–11:15	H3	Heat Pumps and Combined Heat and Power
AKE 3.1–3.1	Mon	11:30–12:00	H3	Trends and Innovations in the Energy Sector
AKE 4.1–4.1	Mon	12:00–12:30	H3	Strategies for Future Mobility
AKE 5.1–5.1	Mon	15:00–15:30	H3	Economic Aspects of the German Energy Turn
AKE 6.1–6.1	Mon	15:30–16:00	H3	Chemical Energy Storage for Electricity
AKE 7.1–7.3	Mon	16:00–17:00	H3	System Analysis and Hydrogen Economy
AKE 8.1–8.3	Mon	17:15–18:00	H3	CO ₂ Electro-Reduction
AKE 9.1–9.2	Tue	9:30–10:30	H3	High-Efficiency Photovoltaics (with CPP)
AKE 10.1–10.6	Tue	10:45–12:15	H3	Modelling of Energy Systems and Climate
AKE 11.1–11.2	Tue	14:00–15:00	H3	Fukushima - Five Years later
AKE 12.1–12.1	Tue	15:00–15:30	H3	Energy Applications of Thermoelectric Materials
AKE 13.1–13.4	Wed	9:20–11:30	H41	Energiewende und Klimawandel (with UP)

Annual General Meeting of the Energy Working Group (AKE)

The annual members' meeting of the AKE will be held during the spring meeting in Bad Honnef on April 21/22, 2016.

AKE 1: Renewable Energy - Biomass, Geothermal Energy and CO₂-Sequestration

Time: Monday 9:30–10:30

Location: H3

Invited Talk

AKE 1.1 Mon 9:30 H3

Processes for Advanced Fuel Production from Biomass — ●JÖRG SAUER — Institute of Catalysis Research and Technology (IKFT), Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, Germany

A survey is given of the potential and production pathways of modern low emission synthetic fuels which are required in the context of the "Energiewende". Unlike so-called "1st generation biofuels", technologies for synthetic biofuels are based on carbon-sources that are not competing to the production of food and animal feed. Methanol and Dimethylether (DME) are accessible through state-of-the-art production processes and will be important intermediate components for synthetic biofuels. Ongoing process development for Methanol and DME will lead to increased stability against fluctuations in feedstock and energy supply.

Several strategies are known for the production of fuels from Methanol and Dimethylether, both for oxygen-containing (oxygenate) fuels and oxygen-free fuels (hydrocarbons). The former offer the advantage of clean combustion and reduced emissions, the latter have high energy densities. The oligomeric oxymethylene dimethyl ethers (OMEs) are highly interesting oxygenate components for application as future diesel component. The production and application is still on a comparatively early stage of development. However, they exhibit beneficial combustion properties with potential for emission reduction. Especially OME-3 to OME-5 are targeted due to their favorable physico-chemical properties.

Invited Talk

AKE 1.2 Mon 10:00 H3

Combined CO₂-storage and geothermal energy extraction: potential and options — ●MARTIN O. SAAR — ETH Zurich, Switzerland

Using carbon dioxide (CO₂) as the geothermal energy extraction fluid has several advantages over water such as 1) the energy conversion efficiency to electricity is typically twice that of water, 2) valuable water resources are protected, and 3) the system results in permanent geologic CO₂ sequestration, a key method to mitigate global climate change. The result is a high-efficiency CO₂-sequestering geothermal power plant with a negative carbon footprint that can operate in regions with relatively low geothermal heat flow and/or low reservoir permeabilities. As a result, this technology expands the geothermal resource base, while making carbon capture and storage (CCS) more economically competitive. Furthermore, such a renewable, geothermal power plant may be combined with other unconventional geothermal technologies such as auxiliary heating of geothermally preheated geofluids. Potential challenges of CO₂-geothermal systems include ensuring caprock integrity, CO₂ availability, and general public acceptance of underground CO₂ storage technologies.

In this presentation, I will address the potential of, and various options for, CO₂-based and other unconventional geothermal systems, particularly for relatively low subsurface heat flow conditions as those that exist throughout Germany. I will also point out the challenges of CO₂-based geothermal energy extraction and provide some examples of research addressing those challenges.

AKE 2: Heat Pumps and Combined Heat and Power

Time: Monday 10:30–11:15

Location: H3

Invited Talk

AKE 2.1 Mon 10:30 H3

Wärmepumpe oder KWK - was passt zur Energiewende — ●GERHARD LUTHER — Universität Saarbrücken, Experimentalphysik

In der Öffentlichkeit gilt die Kraftwärmekopplung (KWK) noch immer als die effizienteste Form der Bereitstellung von Strom und Wärme - aber die angegebenen Energieeinsparungen täuschen, denn sie beruhen in der Regel auf nicht korrekten und physikalisch geradezu abwegigen Vergleichen. Tatsächlich ermöglichen Wärmepumpen oft die energetisch günstigste Gebäudeheizung, wobei zudem der Einsatz fossiler Primärenergie reduziert und langfristig vollständig vermieden werden kann.

Nach der Energiewende wird die aus Sonne und Wind erzeugte Elektrizität die wesentliche Primärenergie darstellen; daher ist die elektrische Wärmepumpe für die Erzeugung der dann noch erforderlichen Niedertemperatur-Wärme gut aufgestellt. Sie muss dabei ihre Stärken "Flexibilität" und "hoher Nutzungsgrad" ausnutzen und noch weiter steigern. Auch die KWK kann zur zukünftigen Wärmeversorgung beitragen. Sie hat allerdings den Nachteil, dass sie einen Brennstoff als Einsatzenergie benötigt und daher eigentlich nur bei einem temporären Defizit des verfügbaren Stromes aus Sonne und Wind eingesetzt werden sollte, wenn sowieso aus den Langzeitspeichern Brennstoff (Methan oder Wasserstoff) entnommen werden muss.

Gegenwärtig wird jedoch der Wettbewerb auf dem Wärmemarkt durch eine einseitige massive Belastung der Wärmepumpe durch die immer noch steigenden Steuern und staatlichen Abgaben des Stromsinsatzes völlig verzerrt.

AKE 2.2 Mon 11:00 H3

Die Energiewende auf Kurs bringen! — ●NIKOLAUS VON DER HEYDT und IRMGARD VON DER HEYDT — Institut für Umweltphysik Göttingen - Physik zum Leben, 37136 Landolfshausen

Der Vortrag möchte den Blick auf die für den Klimaschutz entscheidenden nächsten 10 Jahre lenken und zu einem dynamischen Energiekonzept für Deutschland beitragen.

Wir schlagen Kombi-Kraftwerke aus Windanlagen und Gaskraftwerken mit Kraft-Wärme-Kopplung vor. Es wird dargelegt, dass ein Netz von solchen regional angepassten Kombi-Kraftwerken die Atom- und Braunkohle-Kraftwerke ersetzen und zusätzlich Regelfunktion übernehmen kann. Allein dadurch verringert sich die deutsche CO₂-Emission um 20% - mehr als das Reduktionsziel der Bundesregierung für 2020. Möglich wird das u. a. durch Einsatz von GuD-KWK-Anlagen mit 60% elektrischem Wirkungsgrad, z. B. in Städten mit Wärmenetz. Der erforderliche Windstrom lässt sich allein durch Repowering der bestehenden Windparks mit jetzt üblichen Anlagen von 3-4 MW und 100-140 m Rotordurchmesser gewinnen. Ein stärkerer Ausbau in Süd- und West-Deutschland würde den Netzausbau minimieren. Wir untersuchen, warum der spektakuläre Anstieg der erneuerbaren Stromerzeugung seit 1993 die fossil-nukleare Stromerzeugung nicht nennenswert zurückdrängen konnte. Die vorgeschlagenen Kombi-Kraftwerke sind anpassungsfähige Bausteine für die Fortführung der Energiewende hin zu immer weniger Klimagas-Emissionen.

AKE 3: Trends and Innovations in the Energy Sector

Time: Monday 11:30–12:00

Location: H3

Invited Talk

AKE 3.1 Mon 11:30 H3

Trends und Innovationen im Energiesektor — ●KLAUS WILLNOW — Siemens AG, Erlangen

Unser Energiesystem befindet sich im Wandel, sowohl regional als auch überregional. Angetrieben durch Bevölkerungswachstum, Wirtschaft-

lichkeit und Klimaschutz sind Lösungen gefragt, die gesellschaftlich akzeptiert, umweltverträglich und bezahlbar sind. Der Beitrag reflektiert globale Trends an den lokalen Bedürfnissen und zeigt auf, wie und wo bereits innovative Lösungen und neue Geschäftsmodelle ihre positive Wirkung für ein nachhaltiges Energiesystem zeigen. Der Forschung und Entwicklung kommt dabei eine zentrale Rolle zu.

AKE 4: Strategies for Future Mobility

Time: Monday 12:00–12:30

Location: H3

Invited Talk AKE 4.1 Mon 12:00 H3
Antriebs- und Kraftstoffstrategien für die zukünftige Mobilität — ●STEFAN SCHMERBECK — Volkswagen AG, Wolfsburg, Deutschland

Der Weg zu einer nachhaltigen Mobilität beruht auf einer breiten Basis von hoch effizienten Antrieben und der gleichzeitigen Nutzung dekarbonisierter Energieträger. Dabei liegt die Verantwortung der Automobilindustrie vor allem in der Weiterentwicklung der Antriebe und Fahrzeuge hin zu hohen Wirkungsgraden. Neben der weiteren Verbesserung hoch effizienter aber physikalisch und chemisch limitierten reinen Verbrennungsmotoren spielt die Einführung der e-Mobilität eine entschei-

dende Rolle. Eine große Herausforderung liegt in der Überzeugung der Kunden mit begeisternden und emotionalen neuen Antriebskonzepten. Technologisch müssen hier z.B. die Batterien und die Ladeinfrastruktur weiterentwickelt werden. Auch gilt es, den Weg für nachhaltige Energieträger zur Nutzung im Verkehrssektor zu ermöglichen. Die vielfältig erneuerbar herstellbare Elektrizität und mögliche Synergien aus Speicherung von Elektrizität und Mobilität eröffnen interessante Optionen.

Auch die Digitalisierung wird die Mobilität von Morgen revolutionieren. Die Evolution zum hoch-automatischen Fahren und später zum autonomen Fahren oder die Vernetzung des Autos sind hier die großen Handlungsfelder.

AKE 5: Economic Aspects of the German Energy Turn

Time: Monday 15:00–15:30

Location: H3

Invited Talk AKE 5.1 Mon 15:00 H3
Die Defizite der Energiewende — ●MANUEL FRONDEL — RWI, Essen

Der Anteil der erneuerbaren Energietechnologien am deutschen Strommix lag Ende 2015 bei rund 30%. Das bedeutet gegenüber dem Anteil von weniger als 7% im Jahr 2000, in dem das Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) zur Förderung der Erneuerbaren eingeführt wurde, mehr als eine Vervierfachung. In keinem anderen Land der Welt wurde der Anteil der Erneuerbaren derart vorangetrieben. Doch was weltweit

große Beachtung findet, hat einen sehr hohen Preis: Die Kosten für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland nehmen stetig zu und liegen mittlerweile bei deutlich über 20 Mrd. Euro jährlich. Während viele armutsgefährdete Haushalte unter diesen Lasten zu leiden haben, wird immer mehr überschüssiger grüner Strom produziert, der wegen fehlenden Stromnetzen keine Abnehmer findet. Um dies zu vermeiden und den künftigen Kostenanstieg für die Verbraucher zu dämpfen, sollte der weitere Ausbau der Erneuerbaren gedrosselt und mit dem Tempo des Netzausbaus in Deutschland synchronisiert werden.

AKE 6: Chemical Energy Storage for Electricity

Time: Monday 15:30–16:00

Location: H3

Invited Talk AKE 6.1 Mon 15:30 H3
Perspektiven und Limitierungen (elektro-)chemischer Energiespeicher – von der Batterie bis zu Power-to-X — ●RÜDIGER-A. EICHEL — Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut für Energie- und Klimaforschung, IEK-9: Grundlagen der Elektrochemie

Zur Speicherung von erneuerbar erzeugtem Strom sind unterschiedliche Zeitskalen relevant - vom Leistungsspeicher bis zum saisonalen Langzeitspeicher. In diesem Beitrag werden die Perspektiven und Limitierungen (elektro-)chemischer Konzepte zur stationären Energiespeicherung beleuchtet. Batteriespeicher (d.h. elektrochemische Akkumu-

latoren) stellen attraktive Kurzzeitspeicher für Leistungsanwendungen und dezentrale Kurzzeitspeicher dar. Chemische Speicher (Power-to-Fuels) können Langzeitszenarien abbilden. Darüber hinaus erlaubt die Power-to-Chemicals Technologie die Einkopplung in die Chemische Industrie.

Neben den stationären Energiespeichern, spielen auch Speicher für mobile Anwendungen eine wichtige Rolle in einem nachhaltigen Energiesystem. Die im ersten Teil eingeführten Technologien für dezentrale Energiereicher und X-to-Power Anwendungen werden für die Elektromobilität bewertet, wobei insbesondere zukünftige Technologien der übernächsten Generation im Fokus stehen.

AKE 7: System Analysis and Hydrogen Economy

Time: Monday 16:00–17:00

Location: H3

Invited Talk AKE 7.1 Mon 16:00 H3
Methodische Aspekte der Systemanalyse zur Energiewende — ●DETLEF STOLTEN, MARTIN ROBINIUS, THOMAS GRUBE und SEBASTIAN SCHIEBAHN — Forschungszentrum Jülich, Institut für Energie- und Klimaforschung, Elektrochemische Verfahrenstechnik (IEK-3), D-52425 Jülich

Nach den Vereinbarungen in Paris soll die Klimaerwärmung deutlich unter 2° begrenzt werden, was in den bisherigen Energievorgaben nicht berücksichtigt ist, die bereits 80-95% Reduktion der CO₂-Emissionen in Deutschland vorsehen. Häufig wird die Radikalität dieser Forderung unterschätzt oder es wird argumentiert, daß sich die Forderungen noch der Realität anpassen werden. Die derzeitige Entwicklung scheint dies nicht zu stützen; so zeigen etwa die hohen Abschreibungen der Energiekonzerne, daß es erhebliche Fehleinschätzungen der Entwicklung gibt. Letztlich wird eine komplette Neustrukturierung der Energieversorgung erforderlich sein. Hierfür sind die herkömmlichen Methoden der Systemanalyse nach Auffassung der Verfasser nur bedingt geeignet, da sie auf der Fortschreibung bestehender Systeme beruhen und so langfristig nicht zu einer kostenoptimalen und sozial angemessenen Lösung

führen. Szenarienanalyse beispielsweise ist geeignet, wenn sich die Anzahl der Variablen, und damit die Veränderungen, in Grenzen halten. Außerdem erfordert die Systemanalyse für einen so starken Umbau eine größere Nähe zur Technik, damit zukünftige Entwicklungen besser berücksichtigt werden können. Desweiteren sollte eine neue Infrastruktur nicht nur vom heutigen Stand aus fortgeschrieben werden, sondern auch vom Ziel der gestaltet werden und dann in Einklang mit einer Fortschreibung gebracht werden. Der Vortrag diskutiert diese Punkte und beleuchtet die Entwicklung für Deutschland an Beispielen.

AKE 7.2 Mon 16:30 H3
Wasserstoff als Energieträger der Energiewende: Eine Systemanalyse — ●SEBASTIAN SCHIEBAHN, THOMAS GRUBE, MARTIN ROBINIUS, VANESSA TIETZE und DETLEF STOLTEN — Institut für Energie- und Klimaforschung; Elektrochemische Verfahrenstechnik (IEK-3), Forschungszentrum Jülich GmbH, Deutschland

Der Ausbau von Windkraft und Photovoltaik erfordert neue Konzepte zur netztechnischen Integration, denn Erzeugung und Verbrauch geraten zeitlich und räumlich immer mehr aus dem Gleichgewicht. Last-

verschiebungen und der Ausbau des europäischen Stromnetzes können den Bedarf an großen Energiespeichern nur mindern, jedoch nicht ersetzen. Für die benötigte Energiespeicherung im TWh-Bereich sind nur Speicher für chemische Energieträger geeignet. Elektrolytisch produzierter Wasserstoff bietet hierfür das mit Abstand größte Potenzial. Dabei eröffnet sich auch die Möglichkeit, die Energiewende vom Strom auf den Verkehrssektor und auf die industrielle Nutzung auszuweiten. Unsere Systemanalyse bewertet diese sektorübergreifenden Synergieeffekte unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten.

Dies wird für ein Szenario mit hoher Durchdringung erneuerbarer Energien im Jahr 2050 vorgestellt. Die zeitlich und örtlich hoch aufgelöste Analyse der Residuallast nach Stromnetzrechnung erlaubt die genaue Platzierung der Elektrolyseure. Aufbauend darauf wird eine kostenoptimierte H₂-Infrastruktur zur flächendeckenden Versorgung des deutschen Straßenverkehrs vorgestellt, welche geografische Limitationen hinsichtlich potentieller Untergrundspeicher sowie technische Restriktionen der jeweiligen Elemente berücksichtigt.

AKE 7.3 Mon 16:45 H3

Improved hydrogen storage properties of LiBH₄ via nanoconfinement in nanoporous aerogel-like carbon — ●ALEXANDER SURREY^{1,2}, CHRISTIAN BONATTO MINELLA³, NINA

FECHLER⁴, MARKUS ANTONIETTI⁴, LUDWIG SCHULTZ^{1,2}, and BERND RELLINGHAUS¹ — ¹IFW Dresden, Institute for Metallic Materials, P.O. Box 270116, D-01171 Dresden, Germany — ²TU Dresden, Institut für Festkörperphysik, D-01062 Dresden, Germany — ³Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Nanotechnology, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen, Germany — ⁴Max Planck Institute of Colloids and Interfaces, Dept. of Colloid Chemistry Research, Campus Golm, D-14476 Potsdam, Germany

We present the effect of nanoconfinement of LiBH₄ in nanoporous aerogel-like carbon on its hydrogen storage properties. The carbon scaffold is prepared by salt templating - a simple and sustainable technique for the production of nanoporous carbon-based materials. A loading of up to 40 wt. % of LiBH₄ is achieved by melt infiltration, upon which the hydride remains amorphous. The nanoconfined LiBH₄ starts to desorb hydrogen already at 200°C with the main release at 310°C, whereas the bulk material decomposes only above 400°C. A partial rehydrogenation at moderate conditions (100 bar and 300°C) is demonstrated. Under these conditions, bulk LiBH₄ does not absorb any hydrogen. In contrast to a recent report, in-situ heating in the transmission electron microscope indicates that both decomposition products (B and LiH) remain within the carbon pores.

AKE 8: CO₂ Electro-Reduction

Time: Monday 17:15–18:00

Location: H3

AKE 8.1 Mon 17:15 H3

Monitoring the Chemical State of Catalysts for CO₂ Electroreduction: An in operando Raman spectroscopic Study — ●AKIYOSHI KUZUME, ABHIJIT DUTTA, MOTIAR RAHAMAN, and PETER BROEKMANN — Department of Chemistry and Biochemistry, University of Bern, Bern, Switzerland

A major concern of electrocatalysis research is to assess the structural and chemical changes that a catalyst may itself undergo in the course of the catalyzed process. These changes can influence not only the activity of the studied catalyst, but also its selectivity towards the formation of a certain product. An illustrative example is the electroreduction of carbon dioxide on tin oxide nanoparticles, where under the operating conditions of the electrolysis (that is, at cathodic potentials) the catalyst undergoes structural changes which in an extreme case involves its reduction to metallic tin. This results in a decreased Faradaic efficiency (FE) for the production of formate (HCOO*) that is otherwise the main product of CO₂ reduction on SnOx surfaces. In this study we utilized potential and time dependent in operando Raman spectroscopy in order to monitor the oxidation state changes of SnO₂ that accompany CO₂ reduction. Investigations were carried out at different alkaline pH levels, and a strong correlation between the oxidation state of the surface and the FE of HCOO* formation was found. Understanding the transition of phases, such as oxide to metallic or vice versa, during CO₂ electrolysis can offer distinct benefits of the catalyst material in terms of activity, selectivity, and stability.

AKE 8.2 Mon 17:30 H3

Activity of Cu-Au alloy NPs towards the electrochemical reduction of CO₂: A compositional dependence study — ●MOTIAR RAHAMAN, ABHIJIT DUTTA, and PETER BROEKMANN — Department of Chemistry and Biochemistry, University of Bern, Freisstrasse 3, Bern 3012, Switzerland

Our work focuses on the optimization of Cu-Au catalyst composition towards the electro-reduction of CO₂ in aqueous media. We have synthesized various compositions of Cu-Au alloy nano-particles (NPs) directly on a technical vulcan carbon support where the chemical composition of the NPs were systematically varied from pure Au to pure Cu. The structure, composition and the electrochemical activity of these NPs with regard to the CO₂ electro-reduction were studied by a com-

bination of microscopic/spectroscopic methods (TEM, EDAX, XR and XPS) and electrochemical measurements (LSV and chronoamperometry). The formed gaseous and liquid products from the CO₂ electroreduction have been analyzed by gas chromatography (GC) and ion chromatography (IC) techniques respectively. The catalytic activity of Cu-Au alloy composition towards CO₂ reduction and the product distribution is found to be strongly dependent on the particular Au content. In case of Cu₁₇Au₈₃ alloy, CO is observed as main reduction product whereas, in case of Cu₈₄Au₁₆ alloy, hydrocarbons are dominantly produced with formate as side product. However the best hydrocarbon efficiency is observed for the Cu₆₇Au₃₃ alloy where ethylene and ethane are produced with substantial faradaic efficiencies.

AKE 8.3 Mon 17:45 H3

Enhancing Process Stability for the Electrolysis of Carbon Dioxide with Ionic Liquids — ●SEBASTIAN S. NEUBAUER¹, RALF K. KRAUSE², JOACHIM WECKER², DIRK M. GULDI¹, and GUENTER SCHMID² — ¹Department of Chemistry and Pharmacy, FAU, Egerlandstr. 3, 91058 Erlangen, Germany — ²Siemens AG, Günter-Scharowsky-Str. 1, 91058 Erlangen, Germany

The production of valuable synthetic fuels and / or chemical feedstock out of waste CO₂ constitutes a key challenge in the contemporary field of energy storage. CO₂ is converted in a single step via a direct electrocatalytic process affording high efficiencies.

The conversion of CO₂ to carbon monoxide (CO) is a hot topic and the focus of this work. Studies, which were conducted in recent years, utilized mainly aqueous electrolytes. Rather short process stabilities and the competing hydrogen evolution reaction (HER) remain as major problems. In this context, ionic liquids have evolved as versatile solvent for the electrocatalytic conversion.^[1] Considering their unique properties such as high ion conductivity, wide electrochemical window, and low Henry constant for CO₂, they potentially inhibit HER and shift the electron transfer towards CO₂ reduction. We identified ideal operation conditions for selected ionic liquids in the matter of working electrode potential and electrolysis stability. To this end, understanding and controlling electrophoresis is crucial with regard to the stability. The major conclusion of our work is the realization of high Faraday efficiencies for CO formation within a stable process, while HER is inhibited. [1] B. A. Rosen et al., Science 2011, 334, pp. 643-644

AKE 9: High-Efficiency Photovoltaics (with CPP)

Time: Tuesday 9:30–10:30

Location: H3

Invited Talk

AKE 9.1 Tue 9:30 H3

Multi junction concepts for photovoltaics and artificial photosynthesis: Critical points of current and future high-performance solar energy conversion — ●THOMAS HANNAPPEL — Technische Universität Ilmenau, Department of Physics, Ilmenau, Germany

By far the highest solar energy conversion efficiencies have been achieved so far, when employing III-V-based semiconductor layer structures in multi junction approaches for optimum exploitation of the solar spectrum [1-3]. In these record-breaking multi-layer structures, interfaces are the most crucial parts in different regards. In devices for direct water splitting the solid-liquid interface is in particular delicate towards (photo)electrochemical corrosion and charge transfer. An interface with low-defect density between silicon and III-V compounds would be a major breakthrough and would not only add to solar energy conversion, but all kinds of opto-electronic devices.

To accelerate progress in these fields, it is essential to gain an atomic-scale understanding of critical and essential heterojunction preparation, including the complex physico-chemical processes and interface formations [4,5]. Here, we will present original analysis to scrutinise state-of-the-art preparation and to develop future solar energy conversion routes with multi junction concepts.

[1] M.M. May et al., Nat. Commun. 6 (2015) 8286 [2] A. Nakamura et al. Appl. Phys. Express 8 (2015) 107101 [3] F. Dimroth et al., Prog. Photovoltaics 22 (2014) 277 [4] O. Supplie et al., J. Phys. Chem. Lett 6 (2015) 464 [5] M.M. May et al., J. Phys. Chem. C. 118 (2014) 19032

Topical Talk

AKE 9.2 Tue 10:00 H3

Monolithic perovskite/silicon-heterojunction tandem solar cells processed at low temperature — ●STEVE ALBRECHT¹, M. SALIBA², J.P. CORREA BAENA², F. LANG¹, L. KORTE¹, R. SCHLATMANN¹, M. K. NAZEERUDDIN², A. HAGFELDT², M. GRÄTZEL², and B. RECH¹ — ¹Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Institut für Silizium-Photovoltaik, Kekuléstraße 5, 12489 Berlin, Germany — ²Laboratory for Photonics Swiss Federal Institute of Technology (EPFL), Station 6, Lausanne, CH 1015, Switzerland

Tandem solar cells combining silicon and perovskite absorbers have the potential to outperform state-of-the-art high efficiency silicon single junction devices. However, the practical fabrication of monolithic silicon/perovskite tandem solar cells is challenging as material properties and processing requirements restrict the device design. We achieve a tandem cell efficiency of 19.9% with an open circuit voltage of 1.78 V for the reverse scan direction with a stabilized power output of 18.1% which is one the highest reported values to date. The monolithic integration was realized via low temperature processing of the semitransparent perovskite sub-cell. The tandem cell design is currently limited by the photocurrent generated in the silicon bottom cell that is reduced due to reflectance losses. Based on optical modelling and first experiments, we show that these losses can be significantly reduced by combining optical optimization including light trapping approaches. Therefore, this study highlights the great potential of monolithic silicon heterojunction/perovskite tandem solar cells.

AKE 10: Modelling of Energy Systems and Climate

Time: Tuesday 10:45–12:15

Location: H3

AKE 10.1 Tue 10:45 H3

Ein Modell zur Berechnung des optimalen Energie-Mix unter Berücksichtigung volatiler Energiequellen — ●MAGDA SCHIEGL — Hochschule Landshut

In Anlehnung an [1] wird die Datenanalyse der folgenden Stromdaten von Deutschland für das Jahr 2013 durchgeführt: Der Gesamtverbrauch (load), die Erzeugung durch regenerative Quellen und zwar Photovoltaik, Wind on- und off-shore. Wir führen die statistische Analyse der Zeitreihen durch, insbesondere zur Ermittlung eines optimalen Energie-Mix in Hinblick auf ein Minimum an benötigter Back-Up Energie. Auf der Grundlage dieser Analyse entwickeln wir ein statistisches Modell, das die näherungsweise analytische Berechnung des optimalen Energie-Mix und der Back-up Energie erlaubt. Die Qualität der analytischen Lösung wird anhand der Ergebnisse der empirischen Analyse diskutiert. Wir erweitern unsere Untersuchung auf den Einsatz von Speichermedien: Die Auswirkungen ihrer Eigenschaften auf den Energie-Mix und die benötigte Back-up Energie wird beschrieben.

[1] F. Wagner, Electricity by intermittent sources: An analysis based on the German situation 2012, Eur. Phys. J. Plus (2014), 129: 20

AKE 10.2 Tue 11:00 H3

Using virtual injection patterns to allocate power flows in renewable electricity networks — ●SABRINA HEMPEL¹, JONAS HÖRSCH¹, MIRKO SCHÄFER¹, MARTIN GREINER², and STEFAN SCHRAMM¹ — ¹FIAS, Frankfurt am Main, Deutschland — ²Aarhus University, Aarhus, Denmark

Renewable electricity networks are defined as power grids with a large penetration of fluctuating renewable power generation. Using virtual injection patterns, the power flow on the network can be decomposed into flow patterns associated with the respective exporting and importing nodes. We use this method to allocate grid usage to the different countries in a simplified model of a highly renewable pan-European electricity system.

AKE 10.3 Tue 11:15 H3

Backup Flexibility Classes in Renewable Electricity Networks with Storage — ●DAVID SCHLACHTBERGER¹, TOM BROWN¹, SARAH BECKER¹, STEFAN SCHRAMM¹, and MARTIN GREINER² — ¹Frankfurt Institute for Advanced Studies, 60438 Frankfurt am Main, Germany

— ²Department of Engineering, Aarhus University, 8000 Aarhus C, Denmark

High shares of intermittent renewable generation in a European power system will lead to an increasing demand for flexible complementary generation. This work aims to quantify this demand in terms of generation capacity in different flexibility classes. We use five years of high resolution weather-based wind and solar power generation data to split the backup systems required to cover the residual load into three flexibility classes corresponding to daily, weekly, and seasonal time-scales. They are distinguished by their respective maximum rates of change of power output. Using an economic optimization model, the influence of storage technologies that act on comparable time-scales, like pumped hydro storage for efficient, but limited short term storage, or hydrogen storage with fuel cells with low efficiency, but potentially large capacity for medium to long term storage, can be determined. We also study the effects of constrained network transmission, price assumptions, and electricity generation from reservoir hydro power with inflow on the flexibility of the system.

AKE 10.4 Tue 11:30 H3

Power flow tracing through Germany's transmission grid — ●JONAS HÖRSCH¹, MIRKO SCHÄFER¹, SARAH BECKER^{1,3,4}, STEFAN SCHRAMM¹, and MARTIN GREINER² — ¹Frankfurt Institute for Advanced Studies (FIAS), Goethe-Universität, 60438 Frankfurt am Main, Germany — ²Department of Engineering, Aarhus University, 8000 Aarhus C, Denmark — ³Department of Electrical Engineering and Computer Science, University of Kassel, 34121 Kassel, Germany — ⁴Fraunhofer Institute for Wind Integration and Energy Systems Technology (IWES), 34119 Kassel, Germany

Increasing shares of fluctuating renewable sources and a deeper integration of the European electricity markets call for the extension and efficient use of the transmission structure. A fair allocation scheme of its operation and capital costs to participating parties should take an appropriate measure of their grid usage into account.

This talk introduces 1) a flow tracing algorithm for dissecting the power flows into its constituent flows originating from different types or groups of generators and ending at individual consumers and 2) the aggregation of the partial flows over several representative years into such a measure of grid usage.

We demonstrate it on the model of a highly renewable German electricity system embedded in a simplified European grid by determining the relative impacts due to 1) wind, solar and conventional power generation and to 2) consumption and generation in each of the Bundesländer.

AKE 10.5 Tue 11:45 H3

Assimilation von PV-Leistungsdaten und Ihre Herausforderungen im Regionalmodell COSMO-DE — ●STEFAN DECLAIR¹, YVES-MARIE SAINT-DRENAN² und ROLAND POTTHAST¹ — ¹Deutscher Wetterdienst, Frankfurter Straße 135, 63067 Offenbach, Germany — ²Fraunhofer IWES, Königstor 59, 34119 Kassel, Germany
Datenassimilation ist ein unerlässlicher Schritt in der Prozesskette der numerischen Wettervorhersage. Sie stellt nicht nur die Initialfelder für die Integration des Modells bereit, sondern sie synchronisiert auch das Modell mit der Realität und reduziert damit den Modellfehler in der Vorhersage. Neben konventionellen Beobachtungssystemen wie z.B. Radiosonden oder synoptische Bodenstationen werden immer mehr Systeme erschlossen, die die Ableitung von meteorologischen Informationen erlauben. Dazu gehören z.B. Satellitenradianzen, Radarreflektivitäten und GPS-Laufzeitverzögerungen. Leistungsdaten von PV-Anlagen bieten an, Strahlungs- und Wolkeninformation abzuleiten und können damit z.B. Satelliteninformation sinnvoll ergänzen, da diese Informationen nun nicht mehr auf die vertikale Säule des Beobachtungsinstrumentes beschränkt ist, sondern auch den Pfad zwischen

Sonnenstand und Instrument einbezieht.

Dieser Beitrag beschreibt die Methode, wie das Modelläquivalent zur PV-Leistung im Wettermodell berechnet wird und diskutiert die dominierenden Einflussfaktoren und Herausforderungen bei der Anwendung.

AKE 10.6 Tue 12:00 H3

Berechnung von Klima-Trend-Funktionen aus lokalen Zeitreihen — ●DIETER IHRIG — FH Südwestfalen, Iserlohn, Germany

Die Tatsache einer Zunahme der mittleren Jahrestemperatur gegenüber der vorindustriellen Zeit ist in der wissenschaftlichen Gemeinschaft allgemein anerkannt. Die mittlere Jahrestemperatur und noch stärker die Monatsmittel der Temperatur haben sich aber in verschiedenen Regionen der Welt durchaus unterschiedlich entwickelt, was zu teilweise schwierigen Diskussionen und zu Kritik durch die sog. Klimaskeptiker führt. Temperaturtrends sind angesichts des starken Rauschens im Temperatursignal schwierig zu sehen. Die üblichen Filterverfahren erlauben keine gesicherte Aussage für die letzten 10 bis 20 Jahre. Es wird ein Verfahren zur Berechnung von Trendfunktionen im Sinne neuer, geglätteter Zeitreihen vorgestellt, das in der Lage ist bis zur aktuellen Zeit zu rechnen. Die Methode wird auf Klimazeitreihen (1881 bis 2015) von 40 Stationen angewandt. (Jahresmittel und 12 Monatsmittel) Die Abhängigkeit der Temperaturänderung sowie der daraus resultierenden Änderung der Strahlungsleistung abhängig vom Breitengrad wird vorgestellt. Die Methode wird außerdem auf Zeitreihen der Niederschläge angewandt.

AKE 11: Fukushima - Five Years later

Time: Tuesday 14:00–15:00

Location: H3

Invited Talk AKE 11.1 Tue 14:00 H3
Der Reaktorunfall von Fukushima - Ursachen, Ablauf und Folgen des Unfalls sowie Maßnahmen zur Bewältigung der Unfallfolgen — ●WALTER TROMM, MARTIN BRANDAUER und ROBERT STIEGLITZ — Karlsruhe Institut für Technologie, Hermann-von-Helmholtz Platz 1, 76334 Eggenstein-Leopoldshafen

Am 11. März 2011 ereignete sich vor der Ostküste der japanischen Hauptinsel Honshu das schwerste Erdbeben seit Beginn entsprechender Aufzeichnungen in Japan. Am Kernkraftwerksstandort Fukushima Daiichi verursachten das Beben und der nachfolgende Tsunami den fast vollständigen Ausfall der Stromversorgung von vier der insgesamt sechs Reaktorblöcke. In der Folge kam es zu dem nach Tschernobyl schwersten Reaktorunfall. Vor allem in den ersten Tagen des Unfalls gelangten dabei erhebliche Mengen radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre. Der Unfall wurde auf der höchsten Stufe der International Nuclear and Radiological Event Scale (INES 7) eingeordnet. Der Vortrag beleuchtet aus heutiger Sicht die Unfallursachen, den Ablauf und die Folgen des Unfalls und im zweiten Teil die technischen Maßnahmen zur Bewältigung der Unfallfolgen am Standort. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich Teile der Reaktorkerne in den unteren Bereichen der Sicherheitsbehälter der Reaktoren eins bis drei befinden. Die kontaminierten Abwässer der dazu notwendigen Kühlmaßnahmen

müssen speziell behandelt werden. Auch der zum Teil zerstörte Kernbrennstoff in den Brennelementlagerbecken muss in den Blöcken 1 bis 3 sicher gekühlt werden. Dennoch sollen die Reaktorblöcke in 30 bis 40 Jahren restlos zurückgebaut werden können.

Invited Talk AKE 11.2 Tue 14:30 H3
Der Reaktorunfall von Fukushima Dai-ichi: die radiologischen Konsequenzen für die Bevölkerung — ●ROLF MICHEL — Institut für Radioökologie und Strahlenschutz, Leibniz Universität Hannover

Fünf Jahre nach dem Unfall lassen sich die aus dem Unfall resultierenden Kontaminationen der Umwelt, die daraus resultierenden Strahlenexpositionen für die betroffenen Bevölkerungsgruppen und die möglichen gesundheitlichen Konsequenzen auf der Basis internationaler Evaluierungen zuverlässig beurteilen. Der Vortrag schlägt einen Bogen vom freigesetzten Nuklidspektrum, über Transport und Fallout der Radionuklide und die Kontamination von Umweltmedien zur Ermittlung der externen und internen Strahlenexpositionen der Bevölkerung in den verschiedenen Präfekturen Japans. Dabei werden sowohl die Dosen im ersten Jahr und den Folgejahren sowie die Lebenszeitdosen betrachtet. Die bisher verfügbaren Daten über gesundheitliche Effekte werden diskutiert.

AKE 12: Energy Applications of Thermoelectric Materials

Time: Tuesday 15:00–15:30

Location: H3

Invited Talk AKE 12.1 Tue 15:00 H3
Energiegewinnung durch Nanostrukturierte Thermoelektrika: Von Thomas Seebeck zum thermoelektrischen Generator — ●KORNELIUS NIELSCH — Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung, Dresden, Germany

Mehr als 60 Prozent der weltweit verbrauchten fossilen Primärenergie werden einer Studie des Lawrence Livermore National Laboratory zufolge ungenutzt als Wärme abgegeben. Zu den größten Abwärmeproduzenten gehören Kraftwerke, Feuerungsanlagen und Kraftfahrzeuge. Technologien, die es ermöglichen, Abwärme hieraus zumindest teilweise zu verwerten, würden wertvolle Effizienzsteigerungen erzielen. Hier könnte die Thermoelektrik durch die direkte Umwandlung von Wärme

in Strom wesentliche Beiträge zum effizienteren Energieumgang und damit zum Umweltschutz leisten.

Thermoelektrika sind Materialien, die Wärme in elektrische Energie umwandeln. Neben Anwendungen in der Sensorik und Kühltchnik ermöglichen Thermoelektrika die Nutzung nahezu jeder Abwärme, um Elektrizität zu erzeugen. Als aussichtsreichster Ansatz zur Entwicklung von Thermoelektrika hoher Effizienz Z ($Z = S^2 \sigma / \lambda$; Seebeck-Koeffizient S , elektrische und thermische Leitfähigkeit σ und λ) gilt heute die Strukturierung auf nm-Skala. Im Vortrag wird die Entwicklung von thermoelektrischen Modellsystemen mit chemischen Verfahren aus der Gasphase und Flüssigkeiten und Ansätze zur thermoelektrischen Charakterisierung an einzelnen Nanostäben und im Ensemble hin zum thermoelektrischen Modul präsentiert.

AKE 13: Energiewende und Klimawandel (with UP)

Time: Wednesday 9:20–11:30

Location: H41

Begrüßung durch Prof. Bruhns (AKE) und Prof. v. Savigny (UP)

Invited Talk AKE 13.1 Wed 9:30 H41
Globale Klimavariabilität im Industriezeitalter - Phänomene und Ursachen — ●CHRISTIAN-DIETRICH SCHÖNWIESE — Goethe-Universität, Inst.f. Atmosphäre u. Umwelt, Postfach 111932, 60054 Frankfurt a.M.

Die Schätzwerte der global gemittelten bodennahen Lufttemperatur (Landgebiete und Ozeane) ab 1850 bzw. 1880 sind im Gegensatz zu anderen Klimagrößen besonders zuverlässig und genau. Sie zeigen einen langfristigen Erwärmungstrend, der überwiegend durch die anthropogene Emission klimawirksamer Spurengase verursacht ist, aber auch überlagerte anthropogene (Aerosole)sowie natürliche (Vulkanismus, Sonnenaktivität, El Nino usw.) Fluktuationen. Sie können den Erwärmungstrend vorübergehend abschwächen oder gar umkehren. Eine solche Abschwächung (Hiatus) ist 1998-2013/14 eingetreten, aber 2015 war ein neues markantes Wärmerekordjahr. Diese gesamte Klimavariabilität ist durch aufwändige physikalische Klimamodelle bzw. statistische Studien (z.B. neuronale Netze) gut verstanden.

Invited Talk AKE 13.2 Wed 10:00 H41
The 2°C climate policy goal: Chances & Challenges — ●HERMANN HELD — University of Hamburg, Center for Earth System Research and Sustainability, Grindelberg 5, D-20144 Hamburg

The Conference of Parties held end of 2015 in Paris re-confirmed the so called 'two-degree target' (2°-target) as the global goal of climate policy. It encodes the consensus to limit an anthropogenically induced increase of global mean temperature to 2°C. The latest IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) report (2014) summarizes cost estimates that can be interpreted as rather low, suggesting some political feasibility of the 2°-target. However in terms of an agreement on concrete cuts of greenhouse gas emissions, most likely there will be a gap, equivalent to about 1°C global warming. Furthermore, our work has shown that the 2° target requires a somewhat refined definition and interpretation once one acknowledged a probabilistic, long-tailed climate response to greenhouse gas forcing, in combination with anticipated future learning 'dynamic decision-making'). Here we present a generalization of the 2°-target that respects dynamic consistency under anticipated future learning. Consequences for climate policy are highlighted, including the possibility of a delayed 2° policy. We find that previous climate economic analyses of the 2°-target in terms of low cost for transforming the energy system are still valid, when being re-interpreted. Moreover, mitigation costs could be reduced by up to 1/3 if the climate response to greenhouse gas forcing were known with certainty, pointing to the expected economic value of

geo-scientific information.

Invited Talk AKE 13.3 Wed 10:30 H41
How regional climate interacts with wind power generation — ●ROBERT VAUTARD — LSCE Orme des Merisiers 91191 Gif sur Yvette CEDEX

Climate change mitigation with ambitious targets such as those of the Paris agreement require that by 2050 electricity generation be almost completely decarbonized [IPCC, 2014]. This will require a large share of renewable energy production such as wind power. Wind power generation depends itself on climate variability and potentially modifies regional climate. I will review the impacts of climate change on wind power resource and generation in Europe and potential effects of a large share of wind power in Europe. We show that wind power resource is likely to decrease in many European areas, especially in Mediterranean areas. Interactions between wind turbines and the atmosphere also lead to potential regional impacts on climate and wind resource itself. I will give an overview of such effects for Europe found in previous studies and propose research directions to better quantify these effects.

Invited Talk AKE 13.4 Wed 11:00 H41
Offshore-Windenergienutzung - Chancen, Herausforderungen und Auswirkungen aus meteorologischer Sicht — ●STEFAN EMEIS — Karlsruher Institut für Technologie, Campus Alpin, Garmisch-Partenkirchen

Einen größeren Beitrag zur Energiewende sollen große offshore-Windparks darstellen. Vorteile liegen in den über See zur Verfügung stehenden großen Flächen, der gegenüber dem Festland im Mittel höheren Windgeschwindigkeit, der geringeren Turbulenzintensität der Anströmung und der geringeren vertikalen Windscherung in Höhe der Rotorblätter. Die ersten beiden Fakten garantieren höhere Erträge, die anderen Punkte bedeuten eine geringere mechanische Belastung der Windturbinen. Diese Technik bringt neue Herausforderungen aus meteorologischer Sicht. Die geringere Oberflächenreibung über See bringt höhere Extremwindgeschwindigkeiten mit sich. Die deutlich geringere Turbulenzintensität verlängert Nachläufe hinter den einzelnen Windturbinen und hinter ganzen Windparks erheblich. Damit müssen über See höhere Abstände zwischen den einzelnen Turbinen im Park und zwischen den Parks als Ganzen eingeplant werden, um bei gleicher Windgeschwindigkeit denselben Ertrag wie über Land zu erzielen. Eine größere Zahl von großen Windparks wird das regionale Klima in dem Seegebiet und in den angrenzenden Küstenländern beeinflussen. Vermehrte Wolkenbildung und vielleicht sogar eine geänderte Niederschlagsverteilung sind denkbar. Das vom BMWi kürzlich genehmigte Verbundforschungsvorhaben WIPAFF wird diese Fragestellungen in den nächsten drei Jahren untersuchen.