

Working Group on Energy Arbeitskreis Energie (AKE)

Hardo Bruhns
Meliesallee 5
40597 Düsseldorf
ake@bruhns.info

Programmes of the Energy Working Group (Arbeitskreis Energie, AKE) at the Spring Conferences of the DPG aim at providing an overview of major ongoing developments towards a sustainable energy supply and use. Major strands of energy R&D and technology in the physical, chemical, biological and geological disciplines are being presented.

A first focus of this year's programme is on nuclear fusion where first significant results from the large Stellarator W7-X and developments at the National Ignition Facility (Livermore, USA) (AKE 1) will be reported. Nuclear fission will be phased out in Germany shortly (while internationally a strong development is being pursued). This requires technological developments and societal decisions for decommissioning of nuclear power plants and for the subsequent storage of radioactive waste (AKE 3).

Wind and Photovoltaics are on the way of providing the major share of electrical energy supply. Being fluctuating they require back-up, novel grid technologies (AKE 10), large storage systems based on chemical energy (PV XI by Ferdi Schüth) and/or involving underground (geological) storage (AKE 11) as well as integration (coupling) of all sectors of energy use (AKE 6). While an impressive development is continuing with Si-based photovoltaics, multi-band thin-film technologies based on novel materials (AKE 4) hold promises to win market shares. Wind technologies (AKE 6, SYIT) are progressing at a rapid pace. The dominant wind potential being off-shore and here located beyond shallow coastal waters, floating wind turbines gain increasingly attention (AKE 9).

Despite the advances in renewable technologies they remain uncompetitive as long as societal and environmental (external) costs of energy are not internalized, e.g. via a carbon tax (AKE 6).

Geothermal Energy (AKE 11) and Bio-energy (AKE 8) are among the few renewable energy sources with steady non-fluctuating availability. While biomass based energy dominates the renewable energy market, the development of synthetic (solar)fuels, in particular for mobility applications, is progressing along different tracks (AKE 5, AKE 12, see also proceedings of last year's presentations). Furthermore, a perspective for sustainable hybridelectric aircraft propulsion is being investigated (AKE 2).

A major motivation of energy R&D is the mitigation of global climate change. A session of this year's programme is devoted to discuss the far reaching consequences of ice melting in the Antarctic and the complex issue of climate governance (AKE 13).

Novel technologies enter the renewable energy market via start-ups as well as established industry. In a joint symposium (SYIT) with jDPG and AIW examples are presented: a novel approach to hydrogen technologies with a liquid organic hydrogen carrier (LOHC), energy-related meteorological services and new technologies for wind turbines. The role of physicists in energy related industries is being addressed in a ensuing panel discussion followed by an open get-together.

The sequence of sessions is in part a consequence of constraints in the availability of the speakers.

The annual meeting of the AKE will be on March 21/22 2019 in Bad Honnef. The next election of the board will be during the AKE meeting in Bad Honnef on April 3, 2020.

Overview of Invited Talks and Sessions

(Lecture room U A-Esch 1)

Plenary Talk

PV XI	Wed	9:00– 9:45	U Audimax	Chemical Energy Storage: a Key Element for a Sustainable Energy Future — ●FERDI SCHÜTH
-------	-----	------------	-----------	---

Invited Talks

AKE 1.1	Mon	10:30–11:00	U A-Esch 1	Wendelstein 7-X - Erste Ergebnisse auf dem Weg zum stationären Betrieb — ●TORSTEN STANGE, DAS W7-X TEAM
AKE 1.3	Mon	11:15–11:45	U A-Esch 1	Inertial Confinement Fusion - will Fast Ignition provide new progress? — ●MARKUS ROTH
AKE 2.1	Mon	11:45–12:15	U A-Esch 1	Innovation in aviation: the role of hybrid-electric aircraft — ●ANDREAS REEH
AKE 3.1	Mon	14:00–14:30	U A-Esch 1	Radioactive waste in Germany - current situation and future perspectives — ●CLEMENS WALTHER
AKE 3.2	Mon	14:30–15:00	U A-Esch 1	Decommissioning of nuclear facilities — ●THOMAS WALTER TROMM
AKE 3.3	Mon	15:00–15:30	U A-Esch 1	The Nobel Prize in Physics 2018 and future applications for Laser-Driven Neutron Sources — ●MARKUS ROTH
AKE 4.1	Mon	15:30–16:00	U A-Esch 1	Photovoltaics: perspectives for new materials — ●SUSAN SCHORR
AKE 5.1	Mon	16:15–16:45	U A-Esch 1	Wind und Wasser zu Ammoniak - maritimer Kraftstoff und Energiespeicher für eine emissionsfreie Zukunft — ●ANGELA KRUTH
AKE 6.1	Mon	16:45–17:15	U A-Esch 1	Decarbonization of the European energy system with strong sector couplings — KUN ZHU, MARTA VICTORIA, TOM BROWN, GORM B. ANDRESEN, ●MARTIN GREINER
AKE 7.1	Tue	16:15–16:45	U A-Esch 1	Die Energiewende geht in die nächste Phase - wichtige Merkmale der künftigen Energieversorgung — ●CYRIL STEPHANOS
AKE 7.2	Tue	16:45–17:15	U A-Esch 1	Die Rolle der Fernwärme bei der Umsetzung der Energiewende — ●MARCEL KRÄMER
AKE 7.3	Tue	17:15–17:45	U A-Esch 1	WindNODE - Das Schaufenster für intelligente Energie aus dem Nordosten Deutschlands — ●MARKUS GRAEBIG
AKE 8.1	Wed	10:30–11:00	U A-Esch 1	Bioenergie in Deutschland: Historie, Stand und Perspektiven — ●MICHAEL NELLES
AKE 9.1	Wed	11:00–11:30	U A-Esch 1	Floating Offshore Wind - A state of the art review — ●FRANK ADAM
AKE 10.1	Wed	11:30–12:00	U A-Esch 1	Wege zu einer sicheren und stabilen voll-regenerativen Elektrischen Energieversorgung — ●HARALD WEBER
AKE 11.1	Wed	14:00–14:30	U A-Esch 1	Potentiale und Möglichkeiten der untertägigen Energiespeicherung — ●SEBASTIAN BAUER, BO WANG, JENS OLAF DELFS, WOLF TILMANN PFEIFFER, CHRISTOF BEYER
AKE 11.3	Wed	14:45–15:15	U A-Esch 1	Numerical modelling of shallow geothermal energy exploration process — ●HAIBING SHAO
AKE 12.1	Wed	15:15–15:45	U A-Esch 1	Photocatalysis - a powerful tool for the generation of Sun Fuels from Water and Carbon Dioxide? — ●HENRIK JUNGE
AKE 13.1	Wed	16:15–16:45	U A-Esch 1	The far reach of ice-shelf thinning in Antarctica — RONJA REESE, HILMAR GUDMUNDSSON, ANDERS LEVERMANN, ●RICARDA WINKELMANN
AKE 13.2	Wed	16:45–17:15	U A-Esch 1	Globale Klima-Governance: wie wird es nach mittlerweile 24 UN-Klimakonferenzen weitergehen? — ●FELIX EKARDT

Invited talks of the joint symposium SYIT

See SYIT for the full program of the symposium.

SYIT 1.1	Thu	10:30–11:10	U A-Esch 1	LOHC - wie Wasserstoff zum flüssigen Treibstoff bei Raumtemperatur wird — ●CORNELIUS VON DER HEYDT
SYIT 1.2	Thu	11:10–11:50	U A-Esch 1	Energiewende können Physiker auch ?! — ●MATTHIAS LANGE
SYIT 1.3	Thu	11:50–12:30	U A-Esch 1	Windenergietechnik als Arbeitsgebiet für Physikerinnen und Physiker — ●UWE RITSCHEL

Sessions

AKE 1.1–1.3	Mon	10:30–11:45	U A-Esch 1	Nuclear Fusion
AKE 2.1–2.1	Mon	11:45–12:15	U A-Esch 1	Mobility: Hybrid Electric Aviation
AKE 3.1–3.3	Mon	14:00–15:30	U A-Esch 1	Decommissioning of Nuclear Facilities and Final Repository
AKE 4.1–4.1	Mon	15:30–16:00	U A-Esch 1	Photovoltaics

AKE 5.1–5.1	Mon	16:15–16:45	U A-Esch 1	Mobility: Synthetic Fuels
AKE 6.1–6.3	Mon	16:45–17:45	U A-Esch 1	Intermittent Renewable Energy Supply
AKE 7.1–7.3	Tue	16:15–17:45	U A-Esch 1	Sector Coupling
AKE 8.1–8.1	Wed	10:30–11:00	U A-Esch 1	Bioenergy
AKE 9.1–9.1	Wed	11:00–11:30	U A-Esch 1	Wind Energy
AKE 10.1–10.2	Wed	11:30–12:15	U A-Esch 1	Distributed Energy Generation, Electrical Grids
AKE 11.1–11.3	Wed	14:00–15:15	U A-Esch 1	Geological Energy Storage and Geothermal Energy
AKE 12.1–12.2	Wed	15:15–16:00	U A-Esch 1	Artificial Photosynthesis, CO2-Reduction
AKE 13.1–13.2	Wed	16:15–17:15	U A-Esch 1	Climate Change

AKE 1: Nuclear Fusion

Time: Monday 10:30–11:45

Location: U A-Esch 1

Invited Talk

AKE 1.1 Mon 10:30 U A-Esch 1

Wendelstein 7-X - Erste Ergebnisse auf dem Weg zum stationären Betrieb — ●TORSTEN STANGE und DAS W7-X TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Wendelsteinstr. 1, 17491 Greifswald

Das weltweit fortschrittlichste Stellaratorexperiment ist Ende 2015 in Betrieb gegangen. Dem folgten zwei weitere Betriebsphasen. Neben der integralen Inbetriebnahme der sehr komplexen Anlage, die mit 70 supraleitenden Spulen ein Hochtemperaturplasma einschließt, dienten diese ersten Experimente dazu, herauszufinden, inwieweit bereits Aussagen über dem Design der Anlage zugrundeliegenden Optimierung gemacht werden können. Mit noch ungekühlten Wandkomponenten im Plasmagefäß war die Pulslänge zwar begrenzt. Es konnten jedoch bereits Plasmazustände erreicht werden, die für den Nachweis der Optimierung der Magnetfeldkonfiguration und den späteren Dauerstrichbetrieb notwendig sind. Dazu gehören Elektronen- und Ionentemperaturen bis knapp 4 keV und Plasmadichten jenseits der 10^{20} m^{-3} . Zusammengefasst wurde sogar der bisherige Weltrekord für das Fusionstripelprodukt in Stellaratoren übertroffen. Der Vortrag berichtet über die ersten experimentellen Ergebnisse und erklärt deren Relevanz für das Erreichen stationärer Hochleistungsplasmen.

AKE 1.2 Mon 11:00 U A-Esch 1

Systems Code for the Design of Fusion Power Plants - What they can and can not do — ●FELIX WARMER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Wendelsteinstraße 1, 17491, Greifswald

Fusion power plants will be complex technical devices containing a high temperature plasma which is the source for the fusion reactions and energy generation. The physics aspects are coupled to various complex subsystems which all have interdependencies and often non-intuitive interactions. In order to capture such a system in a holistic way, systems codes are employed. Systems codes are a framework of

simplified yet comprehensive models which aspire to describe a whole fusion power plant in a complete, yet computationally tractable way. Such codes allow to study the multidimensional physics and engineering parameter space to ascertain tradeoffs between different design parameters, performance and costs. The capabilities, advantages, as well as disadvantages of systems codes are reported.

Invited Talk

AKE 1.3 Mon 11:15 U A-Esch 1

Inertial Confinement Fusion - will Fast Ignition provide new progress? — ●MARKUS ROTH — Technische Universität Darmstadt, Institut für Kernphysik, Schlossgartenstrasse 9, 64289 Darmstadt

Laser driven fusion experiments have made significant progress over the last years. Since the beginning of the ICF campaign at the National Ignition Facility (NIF) at the Lawrence Livermore National Laboratory in California, although the fusion peak power during the experiments has exceeded 1 PW, there is a factor two to three to achieve a burning plasma and sustainable self-heating. One alternate route not only to achieve ignition, but high gain is the concept of fast ignition. Laser driven ion beams are among the most intense particle sources available today. Due to their short pulse duration they could heat any material to high temperatures without hydrodynamic ambiguities. Heating of strongly compressed matter is interesting for two reasons: it explores a parameter space new to experimental access and addresses the question of fast ignition.

We have successfully performed experiments at the ORION and OMEGA facilities to use laser driven proton beams to heat a compressed target and are planning for an integrated experiment at NIF. While those experiments are of fundamental interest the concept also addresses the physics of proton fast ignition. We will present the status of fusion research, experiments and the preceding tests and introduce a route to a first real PFI experiment.

AKE 2: Mobility: Hybrid Electric Aviation

Time: Monday 11:45–12:15

Location: U A-Esch 1

Invited Talk

AKE 2.1 Mon 11:45 U A-Esch 1

Innovation in aviation: the role of hybrid-electric aircraft — ●ANDREAS REEH — Siemens AG, Siemens eAircraft, Günther-Scharowsky-Str.1, 91058 Erlangen

Distributed electric aircraft propulsion promises energy and emission saving as well as operational benefits for future aircraft. A key for

realizing such new and unconventional concepts are lightweight and efficient hybrid-electric propulsion systems. The audience is introduced to the components of such systems, the characteristic performance parameters and the technological challenges in the optimization and implementation of such systems. The shown successful maiden flights and demonstrator projects pave the way for commercial applications.

AKE 3: Decommissioning of Nuclear Facilities and Final Repository

Time: Monday 14:00–15:30

Location: U A-Esch 1

Invited Talk

AKE 3.1 Mon 14:00 U A-Esch 1

Radioactive waste in Germany - current situation and future perspectives — ●CLEMENS WALTHER — Institute of Radioecology and Radiation Protection Leibniz Universität Hannover, Herrenhäuser Str. 2, D-30419 Hannover

Asse, Morsleben, Konrad, Gorleben - names that are identified with the, some call it "wicked", problem of nuclear waste disposal. However, during the past five years, new concepts were elaborated - particularly concerning legal, political and participatory issues. The presentation will give an overview of the current situation from the technical side (how much waste will we have to handle? What are specifications and requirements for safe disposal?), elucidate the planned selection process according to the site selection act (How long will it take? Who will decide?) and will identify how research must continuously support this process.

Invited Talk

AKE 3.2 Mon 14:30 U A-Esch 1

Decommissioning of nuclear facilities — ●THOMAS WALTER TROMM — KIT, Karlsruhe Institute of Technology

This presentation gives an overview on the KIT activities related to de-

commissioning of nuclear facilities. Our research aims are to standardize decommissioning procedures, to increase efficiency, to further minimize radioactive waste amounts, to reduce radiation exposure rates to staff, and to design autonomous and/or remote-operated decontamination techniques, which can be used in highly contaminated areas. The standardization of the entire decommissioning process allows for an automation which reduces staff deployment and thus occupational radiation exposure. Those activities take place in close cooperation with industry and with research and education partners, such as the newly founded Decommissioning Competence Cluster coordinated by KIT. KIT researchers are strongly involved in German decommissioning working groups (e.g. within German Nuclear Society (KTG), Association of German Engineers (VDI)), in the international decommissioning network (IDN) of the IAEA, and are actively engaged i.e. in the organization of international workshops. In cooperation with the European Commission, the ELINDER (European Learning Initiatives for Nuclear Decommissioning and Environmental Remediation) initiative, which started in 2016, is being carried out, while having a regular exchange with international institutions (e.g. Fukui University, Japan).

Invited Talk

AKE 3.3 Mon 15:00 U A-Esch 1

The Nobel Prize in Physics 2018 and future applications for Laser-Driven Neutron Sources — ●MARKUS ROTH — Technische Universität Darmstadt, Institut für Kernphysik, Schlossgartenstrasse 9, 64289 Darmstadt

One of the pressing demands in our western society is the safety and maintenance of our nuclear legacy. In Germany the dismantling, safe processing and storage of nuclear waste have resulted in a multinational research program. Nondestructive testing methods and material selective imaging of compound large objects is possible using thermal and fast neutrons. Also, a powerful, safe, and compact neutron source is required. Since Donna Strickland and Gerard Mourou opened the path for ultra-intense lasers many applications have been investi-

gated using the unique parameter of laser-driven secondary sources. Recently, we have demonstrated the realization of a short-pulse laser-driven neutron source with beam intensities orders of magnitude above earlier attempts. Those sources can lead to a compact and potentially mobile neutron source with a large number of applications.

I will present the mechanism of creating an intense pulsed and highly directed beam of neutrons using ultra-intense lasers and the recent results using laser systems in the US and in Europe. I will focus on a few examples of using such sources for applications that are either important for the security of our countries or will have large economical potential in industrial applications. These range from the remote sensing of illicit nuclear material in cargo to the non-destructive analysis of large civil constructions using compact laser systems.

AKE 4: Photovoltaics

Time: Monday 15:30–16:00

Location: U A-Esch 1

Invited Talk

AKE 4.1 Mon 15:30 U A-Esch 1

Photovoltaics: perspectives for new materials — ●SUSAN SCHORR — Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie, Germany

Materials are the fundamental basis for solutions to the most pressing issues in energy generation. In many cases, long-term solutions to these problems will depend on breakthrough innovations in materials. Meeting this challenge will require new materials and technologies for producing, storing and using energy with performance levels far beyond what is now possible.

Photovoltaics (PV), the direct conversion of sunlight into electrical

energy, plays a key role within the renewable energies. Thin film solar cells using compound semiconductors as absorber material are foreseen as one of the most promising and cost-efficient technology. To achieve further cost reductions in PV module efficiency must be increased beyond the single-junction limit (Shockley-Queisser limit).

The talk will present an overview on recent developments of new materials for solar energy conversion focusing on semiconductors which are potentially suitable for wide-bandgap applications such as multijunction solar cells. Three material groups will be presented: (1) organic (A) metal (M) halide (X) perovskites (AMX₃), (2) quaternary chalcogenide semiconductors and (3) ternary II-IV-V₂ nitrides, like ZnSnN₂ and ZnGeN₂.

AKE 5: Mobility: Synthetic Fuels

Time: Monday 16:15–16:45

Location: U A-Esch 1

Invited Talk

AKE 5.1 Mon 16:15 U A-Esch 1

Wind und Wasser zu Ammoniak - maritimer Kraftstoff und Energiespeicher für eine emissionsfreie Zukunft — ●ANGELA KRUTH — Leibniz Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald

Ammoniak ist ein hervorragender Energiespeicher. Der hochdichte Energieträger kann aus Wasser und Luftstickstoff unter Einsatz erneuerbarer Energien hergestellt, leicht verflüssigt und mittels einer bereits verfügbaren Infrastruktur transportiert werden. Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit einer emissionsfreien globalen Energiewirtschaft. Für die Realisierung einer emissionsfreien Mobilität auf der Basis von Ammoniak sind innovative Konzepte im Bereich der Na-

notechnologie für die Erzeugung und Nutzung von Ammoniak als Kraftstoff dringend notwendig. In diesem Beitrag werden wichtige dünn-schichtbasierte Schlüsseltechnologien vorgestellt, die grüne Konzepte für etablierte traditionelle Verfahren wie den Haber-Bosch-Prozess und den Verbrennungsmotor ermöglichen, z.B. die Festkörper-Elektrolyse, Sauerstoff-Separation und Ammoniak-Reformer. Außerdem werden direkte Energiewandlungsprozesse wie die Festkörper-Ammoniak-synthese und Festoxid-Brennstoffzelle für die Ammoniak-Verstromung diskutiert. Das INP entwickelt seit mehreren Jahren Dünn-schichten und Materialien für die Energietechnik und koordiniert das CAMPFIRE-Bündnis aus über 30 Partnern der Region Nord-Ost mit dem Ziel der Entwicklung von Technologien zur Erzeugung und Nutzung von grünem Ammoniak.

AKE 6: Intermittent Renewable Energy Supply

Time: Monday 16:45–17:45

Location: U A-Esch 1

Invited Talk

AKE 6.1 Mon 16:45 U A-Esch 1

Decarbonization of the European energy system with strong sector couplings — KUN ZHU¹, MARTA VICTORIA¹, TOM BROWN², GORM B. ANDRESEN¹, and ●MARTIN GREINER¹ — ¹Department of Engineering, Aarhus University — ²Institute for Automation and Applied Informatics, Karlsruhe Institute of Technology

Ambitious targets for renewable energy and CO₂ taxation both represent political instruments for decarbonization of the energy system. We model a high number of coupled electricity and heating systems, where the primary sources of CO₂ neutral energy are from variable renewable energy sources (VRES). The model includes hourly dispatch of all technologies for a full year for every country in Europe. The amount of renewable energy and the level of CO₂ tax are fixed exogenously, while the cost-optimal composition of energy generation, conversion, transmission and storage technologies and the corresponding CO₂ emissions are calculated. Even for high penetrations of VRES, a significant CO₂ tax of more than 100 EUR/tCO₂ is required to limit

the combined CO₂ emissions from the sectors to less than 5% of 1990 levels, because curtailment of VRES, combustion of fossil fuels and inefficient conversion technologies are economically favored despite the presence of abundant VRES. A sufficiently high CO₂ tax results in the more efficient use of VRES by means of heat pumps and hot water storage, in particular. We conclude that a renewable energy target on its own is not sufficient; in addition, a CO₂ tax is required to decarbonize the electricity and heating sectors and incentivize the least cost combination of flexible and efficient energy conversion and storage.

AKE 6.2 Mon 17:15 U A-Esch 1

Geometric optimization of wind farms based on minimization of the Coulomb energy — JOAKIM TRANE, ERIK B. JOERGENSEN, and ●MARTIN GREINER — Department of Engineering, Aarhus University

Within a constrained wind-farm area, the wind turbines need to have sufficient spacing, so that the wind is able to recover in between the

turbines. In this respect, wind turbines can be treated in analogy to equally charged particles, which arrange to have largest possible distances by minimizing the total Coulomb energy. This objective leads to a much faster spatial optimization of wind farms when compared to layout optimizations with dedicated engineering wind-farm models. For isotropic wind roses, the resulting Coulomb layouts lead to an increase of the wind-farm power efficiency by about 10% when compared to standard grid-like layouts. A further generalization of this optimization analogy to non-isotropic two-particle Coulomb interactions is also discussed and demonstrated to successfully deal with non-isotropic wind roses.

AKE 6.3 Mon 17:30 U A-Esch 1

Von der Grundlastdeckung zur Lückenlastdeckung —
•HELMUT ALT — Eichelhäherweg 6, 52078 Aachen

Bei aller Euphorie, unsere Energieversorgung im Rahmen der politisch

verordneten Zielvorgaben der "Energiewende" auf eine Stromerzeugungsbasis mit 100 % regenerativer Primärenergie umrüsten zu können, mögen einige Fakten aus der realen Bedarfsdeckung im Bereich der öffentlichen Stromversorgung Beachtung finden, um kostenbelastende Fehlentwicklungen zu vermeiden. Inzwischen treten die Wirkungen der als Panikreaktion auf die Fukushima-Katastrophe singulär in Deutschland gesetzten unsinnigen Zielsetzungen der politisch doch sehr hastig verordneten Energiewende hinsichtlich des überbordenden Ausbaus der fluktuierenden regenerativen Primärenergieträger mittels Wind- und Sonnenanlagen zur Deckung des deutschen Strombedarfes immer deutlicher zu Tage: Über 25 Mrd. € jährliche EEG Belastung! Es ist Daher angezeigt, in Demut zu ergründen, was geht und was unter bezahlbaren Randbedingungen nicht geht, um eine effiziente Weiterentwicklung der Energiewende mit realistische Zielsetzungen auf gangbaren Wegen zu ermöglichen nach dem Motto: "Das Bessere ist der Feind des Guten, aber was gestern gut war, muss auch heute noch brauchbar sein".

AKE 7: Sector Coupling

Time: Tuesday 16:15–17:45

Location: U A-Esch 1

Invited Talk

AKE 7.1 Tue 16:15 U A-Esch 1

Die Energiewende geht in die nächste Phase - wichtige Merkmale der künftigen Energieversorgung — •CYRIL STEPHANOS — acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Sollen die Treibhausgasemissionen drastisch reduziert werden, muss die Energieversorgung grundlegend umgebaut werden. War die Energiewende bisher vor allem auf die Stromerzeugung konzentriert, müssen nun in allen Sektoren die CO₂-Emissionen gesenkt werden. Dafür ist ein systemübergreifender Ansatz notwendig. Erneuerbare Energiequellen müssen ausgebaut, Effizienzpotenziale gehoben und Energieträger dort eingesetzt werden, wo sie am effizientesten sind. Doch welche Rolle spielen Energieträger wie erneuerbar erzeugter Strom, Wasserstoff, Gas und flüssige Kraftstoffe? Wie viele Speicher und regelbare Kraftwerke werden in Zukunft für eine hohe Versorgungssicherheit notwendig sein? Und welche Entscheidungen muss die Politik heute treffen, welche Randbedingungen muss sie setzen?

Diesen und weiteren Fragen hat sich die Arbeitsgruppe „Sektorkopplung“ des Akademienprojekts „Energiesysteme der Zukunft“ angenommen. In dem Vortrag werden die zentralen Ergebnisse der Arbeitsgruppe vorgestellt und mit den Erkenntnissen aus anderen, systemübergreifenden Studien zum deutschen Energiesystem verglichen.

Invited Talk

AKE 7.2 Tue 16:45 U A-Esch 1

Die Rolle der Fernwärme bei der Umsetzung der Energiewende — •MARCEL KRÄMER — swb Erzeugung, Bremen

Während im Stromsektor bereits erhebliche Fortschritte hin zu einer nachhaltigen Erzeugung auf Basis erneuerbarer Energien zu konstatieren sind, steckt der Wärmesektor in dieser Hinsicht noch in den Kinder-

schuhen. Neben der Gebäudedämmung zur Verringerung des Energiebedarfs spielen die Technologien für die Bereitstellung von CO₂-arm bzw. CO₂-frei erzeugter Wärme eine wichtige Rolle. Fernwärme auf Basis von Kraft-Wärme-Kopplung kann hier einen wesentlichen Beitrag leisten und steht deshalb derzeit auch im Mittelpunkt verschiedener Förderprogramme der Bundesregierung. Anhand der Überlegungen, Planungen und Bauvorhaben eines städtischen Energieversorgers soll die Rolle der Fernwärme im Rahmen der Energiewende umfassend dargestellt werden.

Invited Talk

AKE 7.3 Tue 17:15 U A-Esch 1

WindNODE - Das Schaufenster für intelligente Energie aus dem Nordosten Deutschlands — •MARKUS GRAEBIG — Wind-NODE

WindNODE richtet den Blick in eine Zukunft, in der unser elektrischer Energiebedarf nahezu vollständig aus erneuerbaren Quellen gedeckt wird. Gegenwärtig stammt bereits rund ein Drittel der elektrischen Energie in Deutschland aus "Erneuerbaren", allen voran aus den volatilen Quellen Wind und Sonne. Im WindNODE-Projektgebiet Ostdeutschland sind es bereits weit über 50%. WindNODE bringt über 70 Partner aus Industrie, Gewerbe und Wissenschaft zusammen, die gemeinsam Musterlösungen für die Systemintegration sehr großer Mengen Erneuerbarer entwickeln. Im Mittelpunkt stehen dabei Flexibilität (Lastverschiebung und Sektorkopplung) auf der Verbraucherseite - aus technischer, wirtschaftlicher, regulatorischer und sozialer Sicht. Der Vortrag präsentiert dieses "Reallabor" der Energiewende, stellt erste Zwischenergebnisse vor und geht speziell auch auf die methodischen Aspekte dieses Großprojekts ein.

AKE 8: Bioenergy

Time: Wednesday 10:30–11:00

Location: U A-Esch 1

Invited Talk

AKE 8.1 Wed 10:30 U A-Esch 1

Bioenergie in Deutschland: Historie, Stand und Perspektiven — •MICHAEL NELLES — Uni Rostock -Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät - Professur Abfall- und Stoffstromwirtschaft — Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) Leipzig

Die Energieversorgung Deutschlands muss im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung in den nächsten Jahrzehnten vollständig auf erneuerbare Energien (EE) umgestellt und die Versorgung der Industrie mit organischen Grundstoffen in diesem Jahrhundert von petro- auf biobasierte Stoffe ausgerichtet werden. Dieses ambitionierte Ziel der langfristigen Integration von Biomasse in ein nachhaltiges Energie- und Bioökonomiesystem ist nur erreichbar, wenn die Biomasse effizient, umweltverträglich und mit höchstmöglichem volkswirtschaftlichem Nutzen ein-

gesetzt wird.

Schon heute nimmt die Bioenergie im Energiesystem eine besondere Stellung ein. Bezogen auf die Einsatzgebiete waren dies 2017 rund 1/4 der Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien sowie über 90 % der erneuerbaren Wärme und regenerativen Kraftstoffe. In den nächsten Jahrzehnten werden die Anforderungen und Rahmenbedingungen an die stoffliche und energetische Biomassenutzung im Zuge der Energiewende und dem Aufbau einer biobasierten Wirtschaft in Deutschland erheblich steigen. Eine optimierte Reststoff- und Abfallnutzung sowie die Verwertung neuer Reststoffströme aus Biomasse verarbeitenden Prozessen, z.B. der Chemieindustrie sowie das Schließen von Nährstoffkreisläufen eröffnen ergänzende Wertschöpfungspotenziale für intelligent integrierte Bioenergieverfahren.

AKE 9: Wind Energy

Time: Wednesday 11:00–11:30

Location: U A-Esch 1

Invited Talk

AKE 9.1 Wed 11:00 U A-Esch 1

Floating Offshore Wind - A state of the art review — ●FRANK ADAM — University of Rostock, Chair of Wind Energy Technology, Rostock, Germany

Floating substructures for wind turbines are commonly credited for enabling the offshore wind industry, so far focused on fixed substructures, to expand into deeper waters. As per Arent et al. (2012), 77% of global offshore wind potential is located in water depths deeper than 60m. To reach areas with those water depths floating systems are needed. Compared to fixed offshore wind turbines or onshore wind turbines such solutions have different issues. The issues are e.g. higher motions of the whole system because of less foundation stiffness, wind

farms far away from the coastline and longer grid connection to shore as well as dynamic cables to connect the devices with each other and the substation. The advantages of floating substructures are e.g., that they could be cost competitive in comparison to onshore renewable energy devices as well as that the need of huge installation vessels can be avoided because of an integrated installation procedure of the substructure and the wind turbine on top. The presentation will give a state of the art review of existing floating offshore substructures incl. a focus on current research and development topics. For example scaling effects for combined wind and wave tests with scales of 1:50 up to 1:100 are an issue. Other topics for the presentation will be the servo-hydro-aero-elastic coupled calculation methods and issues with regard to fabrication methods.

AKE 10: Distributed Energy Generation, Electrical Grids

Time: Wednesday 11:30–12:15

Location: U A-Esch 1

Invited Talk

AKE 10.1 Wed 11:30 U A-Esch 1

Wege zu einer sicheren und stabilen voll-regenerativen Elektrischen Energieversorgung — ●HARALD WEBER — Universität Rostock, Institut für Elektrische Energietechnik

Im Zuge der Energiewende wird mehr und mehr elektrische Energie von Wind- und PV-Anlagen erzeugt. Diese Energie wird in großen chemischen Speichern gespeichert (Speicherkraftwerk). Diese neuen Player werden mit Umrichtern an das Drehstromnetz angeschlossen und weisen systembedingt keine Schwungmassen mehr auf. Die konventionellen Kraftwerke dagegen werden in ihrer Anzahl zurückgehen. Deshalb müssen die neuen Speicherkraftwerke alle Aufgaben der konventionellen Kraftwerke übernehmen. Das kann mit konventioneller Frequenzregelung oder aber mit neuartiger Winkelregelung geschehen.

AKE 10.2 Wed 12:00 U A-Esch 1

Modellbasiertes IT-Sicherheitssystem für vernetzte Komponenten zukünftiger Energiesysteme — ●KATHRIN REIBELT, GHADA ELBEZ, OLIVER SCHERER, JÖRG MATTHES, HUBERT B. KELLER und VEIT HAGENMEYER — IAI, KIT, Karlsruhe

Cyberangriffe und auch nachfolgend Schäden haben allgemein in den letzten Jahren immer stärker zugenommen. Dies ist auch darin begründet, dass vernetzte informationstechnische Systeme in immer zentraleren, kritischeren Bereichen zum Einsatz kommen. Im Bereich der kritischen Infrastrukturen birgt dies ein erhebliches Risiko. Die Energieversorgung ist inzwischen zum häufigsten Ziel von Cyber-Angriffen avanciert. Dabei zeigt die Vergangenheit, dass klassische IT-Sicherheitsmaßnahmen über eine Analyse des Kommunikationsverkehrs (Traffic) nur unzureichend Schutz bieten. Beispielsweise können Angriffe basierend auf False Data Injection kaum detektiert werden. Ein neuer Ansatz nutzt Modellinformationen über den physikalischen Teil des Systems aus, um die kommunizierten Messwerte zu verifizieren und zu validieren. Im Fall eines Angriffs lassen sich über verschiedene Verfahren korruptierte Komponenten lokalisieren, was gezielte Gegenmaßnahmen erlaubt. Gezeigt werden insbesondere Fortschritte seit der letzten DPG-Tagung, auf der der grundlegende Ansatz vorgestellt wurde. Die auf statistischen Verfahren basierende Lokalisierung wird mit zusätzlichen Modellinformationen ausgewertet, was zu einer verbesserten Detektion von Angriffen führt.

AKE 11: Geological Energy Storage and Geothermal Energy

Time: Wednesday 14:00–15:15

Location: U A-Esch 1

Invited Talk

AKE 11.1 Wed 14:00 U A-Esch 1

Potentiale und Möglichkeiten der untertägigen Energiespeicherung — ●SEBASTIAN BAUER, BO WANG, JENS OLAF DELFS, WOLF TILMANN PFEIFFER, and CHRISTOF BEYER — Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energiequellen im Rahmen der Energiewende sind neue Technologien der Energiespeicherung erforderlich, um die zeitlich stark schwankende Energieproduktion aus erneuerbaren Quellen zu kompensieren. Geologische Energiespeicher bieten dafür sehr große potenzielle Speicherkapazitäten für Wärme- und Massenspeicher. Zum Einsatz dieser Untertagespeicher ist ein grundlegendes System- und Prozessverständnis erforderlich, um die Realisierungsmöglichkeiten der einzelnen Speicheroptionen an jeweiligen Standort zu bewerten, die maßgeblichen Prozesse sowohl im Speicher als auch im Speicherumfeld zu quantifizieren und eventuell induzierte Auswirkungen vorherzusagen. Weiterhin sind Kenntnisse des geologischen Untergrundes und dessen Eigenschaften ebenso wie geeignete quantitative Modellinstrumente zur Speicherdimensionierung und Auswirkungsanalyse erforderlich. Im Rahmen dieser Präsentation werden die Potentiale und Realisierungsmöglichkeiten für geologische Energiespeicherung vorgestellt. Anhand von zwei geologischen Energiespeicheroptionen (Wasserstoffspeicherung und Wärmespeicherung) wird die Vorgehensweise, die geologischen Voraussetzungen, eine beispielhafte Speicherdimensionierung an einem synthetischen unterirdischen Speicherstandort sowie typische Abmessungen und Lade- / Entladegeschwindigkeiten näher erläutert.

AKE 11.2 Wed 14:30 U A-Esch 1

Geologische Speicherung von Wasserstoff, Warum und Wie? — ●JOHANNES HIEROLD — Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum

Die Nutzung von fossilen Energieträgern verursacht große CO₂ Emissionen und wird als Hauptgrund der globalen Erwärmung gesehen. Der Ausbau der erneuerbaren Energien ist daher unumgänglich, um die Umsetzung der Ziele des Pariser Abkommens von 2015 möglich zu machen. Der zunehmende Anteil an erneuerbaren Energien führt jedoch auch zu größeren Fluktuationen in der Energiebereitstellung. Um diese verlässlicher zu machen, müssen große Energiemengen zwischengespeichert werden können. Das größte Potential zeigt hierbei die stoffliche Speicherung im Untergrund kombiniert mit dem sogenannten Power-to-Gas-Prinzip, bei dem Überschuss an erneuerbaren Energien genutzt wird, um durch Elektrolyse Wasserstoff herzustellen. Da nur wenig über das physikochemische Verhalten von Wasserstoff in der Untergrundspeicherung bekannt ist, gibt es großen Forschungsbedarf in diesem Bereich. Wie bei der Speicherung von Methan werden im Allgemeinen zwei Szenarien für Wasserstoff betrachtet. Die Nutzung von porösen Gesteinsformationen mit einem gasdichten Deckgestein, sowie die Speicherung in anthropogenen Salzkavernen.

Invited Talk

AKE 11.3 Wed 14:45 U A-Esch 1

Numerical modelling of shallow geothermal energy exploitation process — ●HAIBING SHAO — Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig, Germany

In the context of energy transition in German and all over the world, the extraction of shallow geothermal energy by Borehole Heat Exchangers (BHEs) is considered to be a technology with low carbon emission for building heating and cooling purposes. This talk will introduce the numerical simulation approach that has been applied to study the coupled physical processes caused by geothermal extraction from the shallow subsurface. Results from recent studies will be pre-

sented in order to answer following questions.

- 1) What are the influencing factors for BHE efficiency?
- 2) How much energy can be sustainably extracted from the shallow subsurface?
- 3) What will be the potential environmental impacts, e.g. on downstream groundwater temperatures?

AKE 12: Artificial Photosynthesis, CO₂-Reduction

Time: Wednesday 15:15–16:00

Location: U A-Esch 1

Invited Talk AKE 12.1 Wed 15:15 U A-Esch 1
Photocatalysis - a powerful tool for the generation of Sun Fuels from Water and Carbon Dioxide? — ●HENRIK JUNG — Leibniz-Institut für Katalyse e.V. an der Universität Rostock

One of the central challenges of the next decades is the sufficient and sustainable supply of energy. The conversion of the almost unlimited available energy of sunlight into stored chemical energy by means of photo- or electrocatalytic water splitting into oxygen and hydrogen is a benign objective. Besides hydrogen, further value added products like e.g. carbon monoxide, formic acid, methanol or methane are of special interest. While multistep processes, consisting of a wind power plant or photovoltaic cells, an electrolysis cell and carbon dioxide hydrogenation to form these products are available at least at a small scale, the development of a one step process is pending and basic research is still necessary. Nevertheless, some significant progress has been already achieved. Due to lower costs, the replacement of noble metal catalysts by cheap 3d metals like iron, nickel and cobalt is of special interest for these fields. Within the presentation various relevant examples of catalyst development for these topics will be provided.

AKE 12.2 Wed 15:45 U A-Esch 1
Photoelectrochemical CO₂ reduction as a negative emission technology — ●MATTHIAS M. MAY¹ and KIRA REHFELD² — ¹Helmholtz-Zentrum Berlin, Institute for Solar Fuels — ²Universität Heidelberg, Institute of Environmental Physics

Current CO₂ emission rates are incompatible with the 2°C target for global warming. Negative emission technologies are therefore an important, but also controversial basis for climate policy scenarios. For this, energy is actively invested for the removal of dilute CO₂ from the atmosphere, followed by sequestration. We show that photoelectrochemical CO₂ reduction might be a viable, high-efficiency alternative to biomass-based approaches, which reduces competition for arable land [1]. To develop them, electrochemical reactions have to be optimised for CO₂ removal. This deviates from energetic efficiency optimisation in solar fuel applications and hence renders different carbon sink products attractive. Here, we discuss efficiency limitations of the approach.

[1] May and Rehfeld, Earth Syst. Dynam. Discuss., in review, 2018, DOI:10.5194/esd-2018-53.

AKE 13: Climate Change

Time: Wednesday 16:15–17:15

Location: U A-Esch 1

Invited Talk AKE 13.1 Wed 16:15 U A-Esch 1
The far reach of ice-shelf thinning in Antarctica — RONJA REESE^{1,2}, HILMAR GUDMUNDSSON³, ANDERS LEVERMANN^{1,2,4}, and ●RICARDA WINKELMANN^{1,2} — ¹Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), Potsdam, Germany — ²University of Potsdam, Potsdam, Germany — ³Northumbria University, Newcastle upon Tyne, UK — ⁴Lamont Doherty Earth Observatory, Columbia University, New York, NY, USA

Floating ice shelves, which fringe most of Antarctica's coastline, regulate ice flow into the Southern Ocean. Their thinning or disintegration can cause upstream acceleration of grounded ice and raise global sea levels. So far the effect has not been quantified in a comprehensive and spatially explicit manner. Here, using a finite-element model, we diagnose the immediate, continent-wide flux response to different spatial patterns of ice-shelf mass loss. We show that highly localized ice-shelf thinning can reach across the entire shelf and accelerate ice flow in regions far from the initial perturbation. As an example, this telebuttressing enhances outflow from Bindschadler Ice Stream in response to thinning near Ross Island more than 900 km away. We further find that the integrated flux response across all grounding lines is highly dependent on the location of imposed changes: the strongest response is caused not only near ice streams and ice rises, but also by thinning, for instance, well-within the Filchner-Ronne and Ross Ice Shelves. The most critical regions in all major ice shelves are often located in regions easily accessible to the intrusion of warm ocean waters, stressing Antarctica's vulnerability to changes in its surrounding ocean.

Invited Talk AKE 13.2 Wed 16:45 U A-Esch 1
Globale Klima-Governance: wie wird es nach mittlerweile 24 UN-Klimakonferenzen weitergehen? — ●FELIX EKARDT — Forschungsstelle Nachhaltigkeit und Klimapolitik, Könnertstr. 41, 04229 Leipzig

Das Pariser Klima-Abkommen vom Dezember 2015 wird vielfach kritisiert, weil es unzureichend ist. Dies vernachlässigt jedoch sein sehr ehrgeiziges Ziel, das die rechtsverbindliche globale Erwärmung auf 1,5 bis 1,8 Grad im Vergleich zum vorindustriellen Niveau begrenzt. Dieser Vortrag zeigt, basierend auf Analysen von offenen Fragen für Klimaprojektionen in den Naturwissenschaften und Rechtsanalysen zu Paris-Abkommen und Vorsorgeprinzip, dass juristisch gesehen innerhalb kurzer Zeit weltweit Null-Emissionen geboten sind. Aus rechtlicher Sicht sind nur solche Politiken gerechtfertigt, die dazu beitragen können, die Temperaturgrenze mit hoher Sicherheit, ohne Überschreitung, ohne die 1,5-Grenze außer Acht zu lassen und ohne Geo-Engineering-Maßnahmen zu erreichen. Das IPCC-1,5-Grad-Sondergutachten vom Oktober 2018 erweist sich damit als in rechtlich unhaltbarer Weise als noch zu großzügig, denn statt der dort genannten drei Dekaden bis zu Nullemissionen weltweit in allen Sektoren (einschließlich Agrarbereich und Kunststoffe) wird es noch schneller gehen müssen. Dies stellt auch für die vermeintlichen Vorreiter der Klimapolitik, Deutschland und die EU, eine große Herausforderung dar. Damit müssen die EU und Deutschland die Ambitionen in der Klimapolitik schnell und drastisch erhöhen