

Arbeitskreis Energie (AKE)

Hardo Bruhns
Arbeitskreis Energie (AKE)
Meliesallee 5
40597 Düsseldorf
ake@bruhns.info

Das Programm des Arbeitskreises Energie (AKE) konzentriert sich auf Themenaspekte, die von besonderer Aktualität in der deutschen Energiediskussion sind bzw. im vergangenen Jahr weniger behandelt werden konnten.

Den größten Schwerpunkt bilden Themen aus dem Bereich der erneuerbaren Energien und des Ausbaus ihrer Nutzung, insbesondere das Potential der Bioenergie, die Nutzung der Geothermie, Entwicklung und Netzintegration von Offshore-Wind und technologische Fortschritte der Photovoltaik. Verlustarme Speicherung von (elektrischer) Energie ist eine wesentliche Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit eines umfassenden Einsatzes fluktuierender Energieerzeugung in Deutschland; Optionen und Potentiale (Plenarvortrag am Dienstag) werden ebenso dargestellt wie grundsätzliche technologische Randbedingungen der Elektrolyse und deren Konsequenzen und, auch über die Speichertechnik hinaus, Power-to-Gas Konzepte und Elektromobilität.

Die deutsche Energiewende bildet, auch angesichts ihrer zunehmenden öffentlichen Diskussion, einen wichtigen Themenkreis, der aus verschiedenen Blickwinkeln beleuchtet wird, hinsichtlich des Aspekts der Rohstoffverfügbarkeit auch in der internationalen Perspektive.

Der Ausbau erneuerbarer Energieformen kann nicht davon ablenken, dass fossile Energieträger trotz der Klimaproblematik noch lange die Weltenergieversorgung dominieren werden. Große Schiefergasvorkommen finden neuerdings Aufmerksamkeit als unkonventionelle fossile Energieressource, für die Potentiale, systemökologische Aspekte und Risiken betrachtet werden.

Der deutsche Ausstieg aus der Kernenergie entbindet nicht von der Notwendigkeit, eine Lösung für die Endlagerung zu gestalten. Die international weiter zunehmende Nutzung der Spaltungsenergie steigert noch die Bedeutung dieses Themas.

Nuclear fusion is an option for electricity production whose development is pursued internationally in long-term R&D programmes. Progress and programmatic perspectives of ITER and the European Programme and of the development of the Stellarator-concept will be presented in a joint session organized together with the JDPG.

Unvermeidlich war, die Vortragsfolge in mancher Hinsicht an die Verfügbarkeit der eingeladenen Redner anzupassen, was die Hörer nachsehen mögen.

Übersicht der Hauptvorträge und Fachsitzungen

(Hörsaal HSZ-03)

Hauptvorträge

AKE 1.1	Mo	9:00– 9:45	HSZ-03	The European Fusion Roadmap — ●FRANCESCO ROMANELLI
AKE 1.2	Mo	9:45–10:30	HSZ-03	The optimized stellarator as a candidate for a fusion power plant — ●THOMAS KLINGER
AKE 2.1	Mo	11:00–11:45	HSZ-03	Verfügbarkeit und Nachhaltigkeit von Biomasse als Energiequelle — ●ERNST-DETLEF SCHULZE
AKE 2.2	Mo	11:45–12:30	HSZ-03	Die innerstädtische Erschließung tiefer Wärmequellen: Potential und Forschungsbedarf am Beispiel Berlins — ●OLIVER KASTNER, ERNST HUENGES
AKE 3.1	Mo	14:15–15:00	HSZ-03	Endlagerung radioaktiver Abfälle: technisch gelöst oder Herausforderung an die Wissenschaft — ●HORST GECKEIS
AKE 4.1	Mo	15:00–15:45	HSZ-03	Elektromobilität: Chancen und Technische Herausforderungen — ●ALOIS KNOLL
AKE 6.1	Mo	16:45–17:30	HSZ-03	Keine Energiewende ohne seltene Elemente? — ●ALEX BRADSHAW
AKE 7.1	Di	8:30– 9:15	HSZ-03	Organische Photovoltaik: Nanotechnologie auf dem Weg zu Anwendungen — ●KARL LEO

AKE 7.3	Di	9:30–10:15	HSZ-03	Silicium Solarzellen: Status Quo und Entwicklungen für die Zukunft — ●MARTIN HERMLE, STEFAN GLUNZ
AKE 9.1	Di	14:00–14:45	HSZ-03	Die Rolle der Windenergie in der Energiewende: Chancen und Herausforderungen — ●BERNHARD LANGE
AKE 10.1	Di	14:45–15:30	HSZ-03	Die Zukunft der Stromspeicherung in Deutschland — ●HERMANN PÜTTER
AKE 10.2	Di	15:30–16:15	HSZ-03	Power-to-Gas - Perspektiven einer technologischen Innovation — ●MICHAEL STERNER
AKE 11.1	Di	16:45–17:30	HSZ-03	Marktintegration intermittierender Elektrizitätserzeugung — ●GEORG ERDMANN
AKE 11.2	Di	17:30–18:15	HSZ-03	Wirtschaftliche und technologische Chancen und Restriktionen der Energiewende — ●DETLEF STOLTEN, THOMAS GRUBE, SEBASTIAN SCHIEBAHN
AKE 11.3	Di	18:15–19:00	HSZ-03	Die Energiewende in Baden-Württemberg - Ganzheitliche Betrachtung der Entwicklungen in der Energieversorgung bis 2025 — ●KARL-FRIEDRICH ZIEGAHN
AKE 12.1	Mi	16:45–17:30	HSZ-03	Abschätzung des Erdgaspotenzials aus dichten Tongesteinen (Schiefergas) in Deutschland — ●DIETER FRANKE, STEFAN LADAGE, ULRICH BERNER, ROBERTO PIERAU, ULF ROGALLA
AKE 12.2	Mi	17:30–18:15	HSZ-03	Nutzung unkonventioneller Erdgasvorkommen: Was sind die Risiken? — ●DIETRICH BORCHARDT

Fachsitzungen

AKE 1.1–1.2	Mo	9:00–10:30	HSZ-03	Nuclear Fusion
AKE 2.1–2.2	Mo	11:00–12:30	HSZ-03	Erneuerbare Energie I - Bioenergie, Geothermie
AKE 3.1–3.1	Mo	14:15–15:00	HSZ-03	Kernspaltungsenergie - Endlagerung
AKE 4.1–4.1	Mo	15:00–15:45	HSZ-03	Elektromobilität
AKE 5.1–5.2	Mo	15:45–16:15	HSZ-03	Energy Storage I
AKE 6.1–6.1	Mo	16:45–17:30	HSZ-03	Energiewende I - Rohstoffbedarf
AKE 7.1–7.4	Di	8:30–10:30	HSZ-03	Erneuerbare Energie II - Solarenergie
AKE 8.1–8.1	Di	11:45–12:30	HSZ-01/02	Energy Storage II (PV II)
AKE 9.1–9.1	Di	14:00–14:45	HSZ-03	Erneuerbare Energie III - Windenergie
AKE 10.1–10.2	Di	14:45–16:15	HSZ-03	Erneuerbare Energie IV - Nutzung fluktuierender Überschussenergie
AKE 11.1–11.3	Di	16:45–19:00	HSZ-03	Energiewende II - Ökonomische und Systemaspekte
AKE 12.1–12.2	Mi	16:45–18:15	HSZ-03	Unkonventionelle fossile Energieträger
AKE 13.1–13.1	Mi	18:15–18:30	HSZ-03	Energy Storage III - Materials Aspects

Hinweis: Die Mitgliederversammlung des Arbeitskreises Energie findet auf der Frühjahrssitzung in Bad Honnef (18. - 19. April 2013) statt.

AKE 1: Nuclear Fusion

Zeit: Montag 9:00–10:30

Raum: HSZ-03

Hauptvortrag AKE 1.1 Mo 9:00 HSZ-03
The European Fusion Roadmap — ●FRANCESCO ROMANELLI for the AI-Collaboration — European Fusion Development Agreement

This talk describes the main technical challenges on the path to fusion energy. For all of the challenges candidate solutions have been developed and the goal of the programme is now to demonstrate that they will also work at the scale of a reactor.

The European Fusion Roadmap has been developed within a goal-oriented approach articulated in eight different Missions. For each Mission the critical aspects for reactor application, the risks and risk mitigation strategies, the level of readiness now and after ITER and the gaps in the programme have been examined.

ITER is the key facility in the roadmap and its success represents the most important overarching objectives of the EU programme.

A demonstration fusion power plant (DEMO), producing net electricity for the grid at the level of a few hundreds MW is foreseen to start operation in the early 2040s. Following ITER, it will be the single step to a commercial fusion power plant.

Industry must be able to take full responsibility for the commercial fusion power plant after successful DEMO operation. For this reason, DEMO cannot be defined and designed by research laboratories alone, but requires the full involvement of industry in all technological and systems aspects of the design.

The talk will also address the needs in the area of education and training and basic research.

Hauptvortrag AKE 1.2 Mo 9:45 HSZ-03

The optimized stellarator as a candidate for a fusion power plant — ●THOMAS KLINGER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Greifswald

The stellarator is a promising concept for the magnetic confinement of Deuterium-Tritium plasmas for energy production by means of nuclear fusion. However, the magnetic field geometry of the stellarator needs to be carefully optimized to overcome intrinsic performance limitations. The superconducting stellarator device Wendelstein 7-X, currently under construction in Greifswald, Germany, is the key device for the verification of stellarator optimization principles. To establish the optimized stellarator as a serious candidate for a fusion power plant, reactor-relevant plasma parameters must be achieved in fully integrated steady-state plasma discharge scenarios. It is the goal of the project Wendelstein 7-X to demonstrate this for the first time. After more than 10 years of construction, the completion of the device is now ahead. In the first part of the present paper, we briefly introduce into the principles of nuclear fusion and magnetic confinement. In the second part we discuss lessons learned during the device assembly and first experiences with the remaining major work packages. In the third part of the paper, we report on the planning for the first operation phase (5-10s discharge duration at 8MW heating power), the completion and hardening of the device for full power steady-state operation, and the second operation phase (up to 30min discharge duration at 10MW heating power). Finally, a preview of a possible design concept for a stellarator-based fusion power plant is presented.

AKE 2: Erneuerbare Energie I - Bioenergie, Geothermie

Zeit: Montag 11:00–12:30

Raum: HSZ-03

Hauptvortrag AKE 2.1 Mo 11:00 HSZ-03
Verfügbarkeit und Nachhaltigkeit von Biomasse als Energiequelle — ●ERNST-DETLEF SCHULZE — MPI für Biogeochemie, Jena

In einer vielbeachteten Studie hat die nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina die Bedeutung der Biomasse für die Energiewende analysiert. Dieser Vortrag skizziert wesentliche Aspekte der Studie und zeigt, ausgehend von einer Analyse der Spurengasbilanz Europas, dass die Emissionen aus der Landwirtschaft die Absorption von Spurengasen in Wäldern ausgleichen. Im Folgenden wird die Situation in der Landwirtschaft und in der Forstwirtschaft separat dargelegt. Dabei geht es vor allem um die Anrechnung von klimawirksamen Spurengasen, insbesondere Methan und Lachgas, die bei der Kohlenstoffbilanz der Landwirtschaft bislang nicht berücksichtigt werden. Insgesamt kann festgestellt werden, dass der landwirtschaftliche Anbau von Bioenergiepflanzen weder nachhaltig noch klimaneutral ist. Hinzu kommt, dass die Einsparung fossiler Brennstoffe in Deutschland nicht auf der Nutzung heimischer sondern auf erhöhten Importen ausländischer Bioenergie beruht.

Hauptvortrag AKE 2.2 Mo 11:45 HSZ-03

Die innerstädtische Erschließung tiefer Wärmequellen: Potential und Forschungsbedarf am Beispiel Berlins — ●OLIVER KASTNER^{1,2} und ERNST HUENGES¹ — ¹Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Telegrafenberg, 14473 Potsdam — ²Institut für Werkstoffe, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstr. 150, 44780 Bochum

Viele Ballungsgebiete liegen in Gebieten mit geothermisch attraktiver Geologie, deren Potential jedoch häufig ungenutzt ist. Berlin ist hierfür ein gutes Beispiel: Die Versorgung der Stadt mit Wärme — ca. 37 TWh jährlich — erfolgt fast ausschließlich aus fossilen Brennstoffen. Ein signifikanter Anteil dieses Wärmebedarfs könnte aus tiefen, Heißwasser-führenden Gesteinsschichten des Berliner Untergrund bereitgestellt werden, deren Potential anhand regionaler Strukturmodelle abgeschätzt werden kann. Dieses Potential ist gewaltig, seine Erschließung ist jedoch bisher durch spezifische Fündigkeits- und Technologierisiken verhindert. In dem Vortrag werden am Beispiel Berlins die wesentlichen Erschließungsrisiken geothermischer Reservoirs in sedimentär geprägten Geologien dargestellt und der notwendige Forschungsbedarf wird herausgearbeitet.

AKE 3: Kernspaltungsenergie - Endlagerung

Zeit: Montag 14:15–15:00

Raum: HSZ-03

Hauptvortrag AKE 3.1 Mo 14:15 HSZ-03
Endlagerung radioaktiver Abfälle: technisch gelöst oder Herausforderung an die Wissenschaft — ●HORST GECKEIS — Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Nukleare Entsorgung, Eggenstein-Leopoldshafen

Nationale und internationale Fachorganisationen sind sich darüber einig, dass die sicherste Entsorgungsstrategie zur langfristigen Isolation hochradioaktiver Abfälle von der Biosphäre, die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen darstellt. Derzeit sieht die Europäische Technologieplattform (IGDTP) noch Forschungsbedarf bzgl. der Absicherung endlagerstandortspezifischer Fragestellungen, zur Demonstration der Langzeitsicherheit von Endlagerkonzepten, hinsichtlich des Langzeitverhaltens radioaktiver Abfallformen und zur Demonstration der Funktion von Endlagerkomponenten über lange Zeiträume hinweg. Im Hinblick auf Endlagerkonzepte, die die Rückholbarkeit des Abfalls vorsehen, stellen sich Fragen der technischen Machbarkeit sowie eines geeigneten Monitorings. Nicht zuletzt stehen sozialwissenschaftliche Aspekte der Implementierung von Endlagern auf der Agenda. Naturwissenschaftlich-technische Forschung fokussiert auf den Schutz der Biosphäre vor radioaktiven Abfallbestandteilen. Nahezu ausschließlich können Radionuklide nur über den Wasserpfad dorthin gelangen. Damit ist einerseits ein Wasserzutritt zur Abfallform zu mi-

tration der Langzeitsicherheit von Endlagerkonzepten, hinsichtlich des Langzeitverhaltens radioaktiver Abfallformen und zur Demonstration der Funktion von Endlagerkomponenten über lange Zeiträume hinweg. Im Hinblick auf Endlagerkonzepte, die die Rückholbarkeit des Abfalls vorsehen, stellen sich Fragen der technischen Machbarkeit sowie eines geeigneten Monitorings. Nicht zuletzt stehen sozialwissenschaftliche Aspekte der Implementierung von Endlagern auf der Agenda. Naturwissenschaftlich-technische Forschung fokussiert auf den Schutz der Biosphäre vor radioaktiven Abfallbestandteilen. Nahezu ausschließlich können Radionuklide nur über den Wasserpfad dorthin gelangen. Damit ist einerseits ein Wasserzutritt zur Abfallform zu mi-

nimieren, andererseits zu belegen, dass Radionuklide auch bei Wasserzutritt weitgehend im Endlagernbereich verbleiben. Im letzteren

Fall geht es darum, das Verständnis möglicher chemischer Prozesse im Endlager zu verbessern und Wissenslücken zu schließen.

AKE 4: Elektromobilität

Zeit: Montag 15:00–15:45

Raum: HSZ-03

Hauptvortrag AKE 4.1 Mo 15:00 HSZ-03
Elektromobilität: Chancen und Technische Herausforderungen — ●ALOIS KNOLL — TU München

Elektrisch betriebene, nicht schienengebundene Fahrzeuge werden früher oder später zum Straßenbild unserer Städte gehören. Treibend dafür ist der Ruf nach der Energiewende; realistisch wird ein solches Szenario durch die teilweise dramatischen Fortschritte in den erforderlichen Basistechnologien.

Der Vortrag gibt deshalb nach einer kurzen Einschätzung der Energielandschaft einen Überblick über einige der für die Elektromobilität wichtigen Forschungsbereiche und den jeweiligen Stand der Technik-Entwicklung. Von besonderem Interesse ist die Frage nach den Konsequenzen des Tauschs von Antriebstop und Energiespeicher, der ei-

ne völlig neue Fahrzeugarchitektur zur Folge haben wird. Wir stellen dies anhand des Projekts "Robust and Reliant Automotive Computing Environment for Future eCars (RACE)" dar, in dem eine neuartige Informations- und Kommunikations-Architektur konzipiert wird, die alle Funktionen auf wenigen zentralen Rechnern mit einem einzigen Bussystem vereint. Damit können neue Fahrassistenz- und Sicherheitsfunktionen, aber auch Motor- und Energiemanagementsysteme überwiegend als Software realisiert und die Komplexität der Hardware des Fahrzeugs drastisch verringert werden. Abschließend wird kurz beschrieben, wie diese Architektur in zwei verschiedene neue Fahrzeug-Prototypen eingebracht wird - ein "evolutionäres" Fahrzeug, das in Richtung auf diese Architektur migriert wird und ein "disruptives", welches vollständig auf den neuen Konzepten basiert.

AKE 5: Energy Storage I

Zeit: Montag 15:45–16:15

Raum: HSZ-03

AKE 5.1 Mo 15:45 HSZ-03
Electrolyte composites in capacitors and energy storage — ●HANS LUSTFELD¹, CHRISTIAN PITHAN², and MARTIN REISSEL³ — ¹PGI-1 Forschungszentrum Jülich, D52425 Jülich, Germany — ²PGI-7 Forschungszentrum Jülich, D52425 Jülich, Germany — ³Fachhochschule Aachen, Abteilung Jülich, D52428 Jülich, Germany

Composites can enlarge the possibilities of tailoring materials for obtaining optimum properties. The question rises whether this is also true for electrolyte composites, used in capacitors: Are composites promising candidates for optimizing the storage of electrical energy in capacitors. We have already shown that metallic electrolyte composites are not suitable for this purpose[1]. Here we show more generally that most composites are not suitable for this purpose as well and we give criteria which directions a research should pursue for finding electrolyte composites with good energy storing properties in capacitors.

[1] H. Lustfeld, C. Pithan and M. Reifel : J Eur Ceram Soc 32, 859, 2012

AKE 5.2 Mo 16:00 HSZ-03

Analysis of the electric energy storage in different renewable energy scenarios — ●WAYNE GÖTZ, WERNER AESCHBACH-HERTIG, ULRICH PLATT und TOBIAS TRÖNDLE — Institute of Environmental Physics, Heidelberg, Germany

The current political targets of the European governments are aimed at a more sustainable electric energy supply. With this change of our electricity generation system several challenges become crucial, in particular the handling of the fluctuating energy production by renewable energies. One way to counter this challenge is electric energy storage, which will be analyzed in this presentation. The analysis of the annual evolution, period and magnitude of the required electric energy storage capacity is based on results of the energy supply model *MEET*, which was developed at the Institute of Environmental Physics of Heidelberg. Several energy supply scenarios will be analyzed, which vary in the energy mix and the share of renewable energies. The principle of the analysis will be the Fourier transform, which will be applied on the resulting time series of the model runs. Clear peaks for daily and seasonal periods are the results of this analysis. The data lead to different requirements on technologies to store electric energy.

AKE 6: Energiewende I - Rohstoffbedarf

Zeit: Montag 16:45–17:30

Raum: HSZ-03

Hauptvortrag AKE 6.1 Mo 16:45 HSZ-03
Keine Energiewende ohne seltene Elemente? — ●ALEX BRADSHAW — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching/Greifswald und Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin

Auch wenn andere Länder nicht in vollem Umfang dem Beispiel Deutschlands bei der Energiewende folgen, ist anzunehmen, dass zukünftig weltweit die regenerativen Energieformen einen erheblichen Beitrag zur Energieversorgung leisten werden. Dies bedeutet wiederum, dass sich die Nachfrage nach gewissen erschöpfbaren Ressourcen,

vor allem seltenen Metallen, erhöhen wird. Diese Elemente werden nicht nur bei der Erzeugung, sondern auch bei der Verteilung, der Speicherung und auch dem optimierten Verbrauch von Energie, vor allem elektrischer Energie benötigt. Beispiele sind Neodym und Dysprosium für Windturbinen, Cadmium und Tellur für Solarzellen sowie Lithium und Kobalt für Batterien. Der Vortrag befasst sich mit der möglichen längerfristigen Knappheit dieser Elemente und wie unsere Gesellschaft im Allgemeinen sorgfältiger mit Rohstoffen - vor allem unter Verwendung von Recycling und Substitution - umgehen sollte.

AKE 7: Erneuerbare Energie II - Solarenergie

Zeit: Dienstag 8:30–10:30

Raum: HSZ-03

Hauptvortrag AKE 7.1 Di 8:30 HSZ-03
Organische Photovoltaik: Nanotechnologie auf dem Weg zu Anwendungen — ●KARL LEO — Institut für Angewandte Photophysik, TU Dresden, 01062 Dresden und Fraunhofer-COMEDD, 01109 Dresden

Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung der Menschheit wird von der Photovoltaik ein wichtiger Beitrag erwartet. Trotz ihrer unbestreitbaren Eleganz als direkter Erzeugung von elektrischer Energie aus Licht sind jedoch wichtige technisch-wirtschaftliche Randbedingungen wie geringe Kosten, kurze Energierücklaufzeit und Ressou-

ceneffizienz und -verfügbarkeit zu beachten. Hier bietet die organische Photovoltaik, die auf Kohlenwasserstoffen aufbaut, großes Potential. In diesem Vortrag soll zunächst auf die Grundprinzipien farbstoffsensibilisierten (Grätzel-) Zellen und der bulk-heterojunction (BHJ) Zellen eingegangen werden. Insbesondere die BHJ-Zellen haben in den letzten Jahren enorme Fortschritte erzielt und haben in neueren Arbeiten aus Dresden 12% Wirkungsgrad erreicht. Dennoch ist noch wesentliche Grundlagenforschung zum Verständnis der Elementarprozesse in den nanostrukturierten aktiven Elementen notwendig. Im zweiten Teil soll dann die Vision einer flexiblen, transparenten Photovoltaik, die auf fast allen Untergründen aufgebracht werden kann, diskutiert werden. Insbesondere soll aufgezeigt werden, welche Entwicklungen in Wirkungsgrad und Lebensdauer zu erwarten sind.

AKE 7.2 Di 9:15 HSZ-03

Efficient Organic Solar Cells based on Small Molecules — •CHRISTIAN KOERNER¹, ROLAND FITZNER², CHRIS ELSCHNER¹, PETER BÄUERLE², KARL LEO¹, and MORITZ RIEDE¹ — ¹Institut für Angewandte Photophysik, Technische Universität Dresden — ²Institut für Organische Chemie II und Neue Materialien, Universität Ulm

Organic solar cells (OSC) have recently made strong progress, achieving power conversion efficiencies beyond the critical value of 10% in the laboratory. Up to now, the race between the two main approaches - solution processed polymers or vacuum processed small molecules - is not decided, yet. We here report on our advances in the field of vacuum processed small molecule based organic photovoltaic (OPV) devices. We have achieved a power conversion efficiency of 7.7% in a single junction device using a methylated quinquethiophene derivative as photoactive donor material in combination with the acceptor C60. This value is so far the highest efficiency ever reported for a small molecule based device with disclosed active materials. We demonstrate the important issues to achieve this value and give insight into the important processing issues for small molecule based OPV devices.

Hauptvortrag

AKE 7.3 Di 9:30 HSZ-03

Silicium Solarzellen: Status Quo und Entwicklungen für die Zukunft — •MARTIN HERMLE und STEFAN GLUNZ — Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE Heidenhofstrasse 2, 79110 Freiburg, Germany

Silicium Solarzellen dominieren den Markt der Photovoltaik seit über 30 Jahren. Die rasante technologische und industrielle Entwicklung der Silicium Solarzelle hat zu einer dramatischen Reduzierung der Stromgestehungskosten der Photovoltaik auf unter 0,15 €/kWh in Süddeutschland und deutlich unter 0,1 €/kWh in südlicheren Ländern geführt. Für die weitere Entwicklung müssen nun neue Konzepte und Technologien erarbeitet und industrielle umgesetzt werden. Dazu müssen jedoch auch die Verlustmechanismen und Limitierungen heutiger Solarzellen noch besser verstanden werden. Mithilfe solcher Verlustanalyse können dann neue Konzepte bewertet und evtl. Prognosen für deren Umsetzung gegeben werden, um dem Ziel einer kostengünstigen und nachhaltigen Energieversorgung ein Stück näher zu kommen.

AKE 7.4 Di 10:15 HSZ-03

Simulationen zur Absorption und Wärmeübertragung an Solarturmabsorboren — •TIMM ACHENBACH, TIMO BOSCH, GERD BREITBACH und MARKUS SAUERBORN — Solar-Institut Jülich (SIJ), Heinrich-Mußmann-Str. 5, 52428 Jülich

Konzentriertes Sonnenlicht wird bei solarthermischen Kraftwerken von Absorboren absorbiert und in nutzbare Wärme gewandelt, die von einem Trägermedium abgeführt wird. Bei Turmkraftwerken wie z.B. dem Solarturmkraftwerk Jülich werden in porösen Absorboren bis zu 1000°C und höher erreicht. Als Wärmeträger wird Luft durch den Absorber gesaugt und auf ca. 700°C aufgeheizt. Der Absorber besteht aus hochporöser Keramik oder aus Metalldrahtstrukturen. Am SIJ wird die Optimierung der solaren Absorption und der konvektiven Wärmeübertragung auf das Medium mittels thermo- und strömungsmechanischer Berechnungen untersucht. Im Rahmen der Simulationen, die im Beitrag vorgestellt werden, sind als wesentliche Größen die Eindringtiefe der Solarstrahlung und der volumetrische Wärmeübergangskoeffizient av für Drahtstrukturen untersucht worden. Die Abschwächung der Strahlung in der Tiefe des Drahtabsorbers, die mit einem Wärmeeintrag in die Struktur einhergeht, wird in der Regel durch eine e -Funktion (Extinktionskoeff. k) beschrieben. av ist eine Größe, die angibt, wie viel Energie in Abhängigkeit von Volumen und Temperaturdifferenz zwischen den Drähten und dem Fluid konvektiv übertragen wird. Die Größen av , k bestimmen das Temperaturverhalten eines volumetrischen Absorbers entscheidend. Dabei wirkt eine niedrige Absorberfronttemperatur positiv auf den Absorberwirkungsgrad.

AKE 8: Energy Storage II (PV II)

Zeit: Dienstag 11:45–12:30

Raum: HSZ-01/02

Plenarvortrag

AKE 8.1 Di 11:45 HSZ-01/02

Energy Systems: The Importance of Energy Storage — •ULRICH STIMMING — Institute for Advanced Study and Physik-Department E19, TU München, 85748 Garching

It is an important goal to gradually substitute energy conversion based on fossil fuels by one based on regenerative energies. As a consequence, electricity and heat or cool production moves from a centralized (one producer * many consumers) to a decentralized operation (many producers * many consumers). Thus, a completely revised architecture of energy systems is necessary. Such novel architectures have to be supported by technical possibilities, a central one of them being suitable storage devices for electricity and heat. While the efficiency is largely determined by the structure (=architecture) of energy systems, chal-

lenges lie in the technical performance of storage devices. For electrical storage criteria are energy density and power density (volumetric as well as gravimetric density) and costs. There are different technical approaches such as storage in batteries (charge in encased chemical energy), in super-capacitors (charge in physical systems), and chemicals (such as hydrogen) for long term storage, the latter requires a converter (e.g. a fuel cell) to make electricity. Purely physical systems such as compressed air or pumped hydroelectricity are also possibilities worth considering. An important parameter is the time for which storage should be accomplished and what corresponding self-discharge amounts to. Technology needs to be evaluated under the aspect of centralized versus de-centralized energy systems. These two parameters are the most important in the consideration of energy storage systems.

AKE 9: Erneuerbare Energie III - Windenergie

Zeit: Dienstag 14:00–14:45

Raum: HSZ-03

Hauptvortrag

AKE 9.1 Di 14:00 HSZ-03

Die Rolle der Windenergie in der Energiewende: Chancen und Herausforderungen — •BERNHARD LANGE — Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES, Kassel

Das Energiekonzept der Bundesregierung sieht vor, das die Stromerzeugung aus Windenergie mittelfristig den Löwenanteil der deutschen Stromversorgung leistet. Bereits jetzt gibt es zu Zeiten mit hoher Einspeisung und schwachem Verbrauch ganze Netzregionen, die vollständig aus Windenergie gedeckt werden. Durch den geplanten Ausbau der Offshore-Windenergie wird die Bedeutung der Windenergie für die

Stromversorgung weiter zunehmen. Bei zunehmendem Anteil an der gesamten Stromerzeugung führt die Integration dieser Technologien zu neuen Herausforderungen an das Stromversorgungssystem. Die Technologien zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, wie der Windenergie, unterscheiden sich grundsätzlich von den bisher eingesetzten Stromerzeugungstechnologien der fossilen oder nuklearen Kraftwerke. Der wesentlichste Unterschied ist die fehlende Anpassung der Erzeugung an den Verbrauch. Dies betrifft sowohl eine zeitliche Nichtanpassung von Windangebot und Stromverbrauch, als auch die räumlich Nichtanpassung von Windressourcen und Verbrauchsschwerpunkten.

Meteorologische und klimatologische Aspekte spielen daher bei der Entwicklung eines tragfähigen Konzeptes zur Integration der Windenergie in die Stromversorgung eine wesentliche Rolle. Es müssen daher neue Konzepte in der Energiesystemtechnik entwickelt werden, die es

ermöglichen, die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien dauerhaft in das Stromversorgungssystem zu integrieren.

AKE 10: Erneuerbare Energie IV - Nutzung fluktuierender Überschussenergie

Zeit: Dienstag 14:45–16:15

Raum: HSZ-03

Hauptvortrag AKE 10.1 Di 14:45 HSZ-03
Die Zukunft der Stromspeicherung in Deutschland —
 ●HERMANN PÜTTER — GDCh, Frankfurt

Die deutsche Energiewende wird sich in den nächsten zwei Jahrzehnten vorwiegend auf dem Stromsektor abspielen. Erst nach 2030 wird sich die Gesellschaft mit der "Dekarbonisierung" unserer Wirtschaftsweise befassen, der Abkehr von fossilem Kohlenstoff. Trotz des Zubaus an erneuerbarem Strom aus Windkraft und Photovoltaik werden fossile Kraftwerke noch länger das Rückgrad der deutschen Stromversorgung bleiben. Eine wichtige Rolle kommt dem Erdgasnetz und der dazugehörigen Infrastruktur mit Gasspeichern und Kraftwerken zu.

Wenn der Wärmebedarf durch Effizienzmaßnahmen sinkt, erhöht sich die Verfügbarkeit der deutschen Erdgasspeicher für die Stromversorgung und vermeidet den Bedarf an Langfriststromspeichern. Spezielle Stromspeicher für mehrere Tage oder Wochen sind dann nicht notwendig. Wichtig wird aber das Puffern von fluktuierendem Strom. Hierfür bieten sich einige Techniken mit hohem Wirkungsgrad an, wie Pumpspeicherkraftwerke, Druckluftspeicher mit Wärmemanagement und Batterien.

Ein stark propagierter Weg setzt auf Techniken mit niedrigem Wirkungsgrad, Stichwort "Power to Gas". Hierbei wird Peakstrom in Form von Wasserstoff bzw. Methan im Erdgasnetz gespeichert. Eine Analyse der Kosten zeigt aber, dass dieser Weg in eine Sackgasse führen muss. Trotzdem werden aufwendige Pilotanlagen für diese Technik gebaut und betrieben. Der Vortrag wird dieser Fehlallokation von F&E-

Mitteln Alternativen gegenüberstellen.

Hauptvortrag AKE 10.2 Di 15:30 HSZ-03
Power-to-Gas - Perspektiven einer technologischen Innovation —
 ●MICHAEL STERNER — Hochschule Regensburg, Postfach 12 03 27, 93025 Regensburg

Fossile Energieträger sind Energieträger mit sehr hoher Energiedichte, die ausgehend von der industriellen Revolution große Entwicklungssprünge ermöglicht haben.

Im Zuge der Klimaerwärmung und der Ressourcenknappheit gilt es, diese zu ersetzen. Wind- und Solarenergie zeichnet sich in Form von Strom als Primärenergieträger der Zukunft ab. Diese Energieformen haben jedoch Eigenschaften, welche ihre Integration in die bestehende Energieversorgung vor Problem stellen: sie sind fluktuierend und wetterabhängig, zeitlich und räumlich unterschiedlich verteilt und weisen nur geringe Energiedichten auf.

Die Speicherung von Wind- und Solarenergie ist naheliegend. Power-to-Gas ist eine Speicherinnovation, welche die Photosynthese technisch nachbildet und die Herstellung von Wind- und Solarkraftstoffen ermöglicht, die den konventionellen Energieträgern Erdöl und Erdgas gleich sind.

Im Vortrag wird auf die physikalischen Zusammenhänge der Technologie, ihren Vor- und Nachteilen, den Möglichkeiten zur Integration in die Energienetze als Speicher und die Nutzung in der Kraftstoffbereitstellung für die Mobilität eingegangen und Perspektiven diskutiert.

AKE 11: Energiewende II - Ökonomische und Systemaspekte

Zeit: Dienstag 16:45–19:00

Raum: HSZ-03

Hauptvortrag AKE 11.1 Di 16:45 HSZ-03
Marktintegration intermittierender Elektrizitätserzeugung —
 ●GEORG ERDMANN — Technische Universität Berlin

Der massiv geförderte Ausbau der erneuerbaren Elektrizitätserzeugung hat zu einer Schieflage im deutschen Strommarkt geführt. Inzwischen lassen sich keine elektrizitätswirtschaftlichen Investitionen ohne staatliche Förderung finanzieren. Um aus dieser Zwangslage herauszufinden, muss ein zukunftsfähiges Strommarktdesign eingeführt werden. Doch wie soll dieses aussehen? Der Vortrag präsentiert die diskutierten Vorschläge in ihren Vor- und Nachteilen und plädiert für ein eigenes Konzept, welches unter den Stichworten "Marktintegrationsmodell" und "Bilanzkreismodell", welches sich durch eine etappierte und vergleichsweise "filigrane" Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) implementieren lässt.

Hauptvortrag AKE 11.2 Di 17:30 HSZ-03
Wirtschaftliche und technologische Chancen und Restriktionen der Energiewende —
 ●DETLEF STOLTEN, THOMAS GRUBE und SEBASTIAN SCHIEBAHN — Institut für Elektrochemische Verfahrenstechnik, IEK-3, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Deutschland

Die Energiewende bietet für Deutschlands exportorientierte Industrie technische und wirtschaftliche Chancen durch eine Vorreiterrolle beim Aufbau eines weitgehend auf erneuerbaren Energien basierenden Energiesystems, das insbesondere in der Stromerzeugung massive Änderungen erfordert. Wesentlich für den Erfolg werden langfristig gesicherte politisch-wirtschaftliche Rahmenbedingungen und die Einbeziehung des kompletten Energiesektors sein. Ausgehend von der Forderung nach 80% CO₂-Reduktion im Jahre 2050 werden drei Szenarien technologisch und ökonomisch untersucht und dargestellt. Lösungen für die Verwendung des so genannten Überschussstromes aus erneuerbarer Energie durch Speicherung entlang unterschiedlicher Speicherpfade werden dargestellt und hinsichtlich ihrer technischen Machbarkeit und Kosten bewertet.

Preiswert zu produzierender (nichtkonventioneller) fossiler Brennstoffe wird den größten Einfluss darauf haben, ob die ermittelten Kostenstrukturen im internationalen Wettbewerb Bestand haben können. Dies wird als die größte Risikokomponente für die Energiewende und ihre technische Ausprägung diskutiert.

Hauptvortrag AKE 11.3 Di 18:15 HSZ-03
Die Energiewende in Baden-Württemberg - Ganzheitliche Betrachtung der Entwicklungen in der Energieversorgung bis 2025 —
 ●KARL-FRIEDRICH ZIEGAHN — Karlsruher Institut für Technologie

Nach der Neuausrichtung der deutschen Energiepolitik im Rahmen der "Energiewende" sollen gemäß politischer Zielsetzung im Jahr 2020 ca. 38 % der Brutto-Stromproduktion in Baden-Württemberg (BW) durch EE erbracht werden. Im Jahr 2025 nach dem endgültigen Abschalten der Kernkraftwerke müssten etwa 40 % bis 42 % Bruttostromerzeugung in BW aus EE angenommen werden.

In einem Gutachten [1] des Karlsruher Instituts für Technologie wurde die daraus abschätzbare Situation des Strommarktes und der Versorgungssicherheit sowie die Konsequenzen für die heimische Wirtschaft analysiert. Hierfür wurde die Entwicklung der Energieversorgung in BW in zwei Szenarien unter Berücksichtigung der Preisentwicklung und der Liefersicherheit für elektrische Energie kalkuliert. Dabei werden die von der Landesregierung festgelegten Ausbauziele der EE zu Grunde gelegt bzw. alternativ die Situation betrachtet, wenn diese Ziele nicht wie geplant erreicht werden.

Die Untersuchungen schließen sowohl Chancen als auch Risiken für die baden-württembergische Wirtschaft, Handlungsempfehlungen für die Landespolitik und Orientierungspunkte für die Energieforschung ein. Betrachtet werden technische Aspekte wie die volatile Verfügbarkeit von Energie aus diversen Erzeugungskonzepten, infrastrukturelle Rahmenbedingungen wie den Ausbau und die Weiterentwicklung der Übertragungsnetze und soziale Umstände im Bereich des Verbrauchsverhaltens und der demographischen Entwicklung der Bevöl-

kerung sowie mögliche politische Rahmenbedingungen und Anreizsetzungen. Im Ergebnis ergeben sich Anforderungen an Netzausbau und -stabilisierung, Energiespeicherung, Stromimport, Back-up mit konventionellen thermischen Kraftwerken sowie Verbrauchsreduzierungen. Entsprechende Modellrechnungen zeigen bis 2025 eine deutliche Erhöhung des Großhandels-Strompreises gegenüber dem Referenzjahr 2010. Zudem sind massive Investitionen in neue Technologien und damit einhergehende Forschung unerlässlich. Das Gutachten schließt mit Emp-

fehlungen an die wissenschaftliche, infrastrukturelle und politische Gestaltung der Energiewende.

[1] W. Fichtner, M. Genoese, R. McKenna, S. Schäfer, A. Büchelmaier, P. Ringler, S. Cail und K.-F. Ziegahn. Die Weiterentwicklung der Energiewirtschaft in Baden-Württemberg bis 2025 unter Berücksichtigung der Liefer- und Preissicherheit. Karlsruher Institut für Technologie (2012)

AKE 12: Unkonventionelle fossile Energieträger

Zeit: Mittwoch 16:45–18:15

Raum: HSZ-03

Hauptvortrag AKE 12.1 Mi 16:45 HSZ-03
Abschätzung des Erdgaspotenzials aus dichten Tongesteinen (Schiefergas) in Deutschland — ●DIETER FRANKE, STEFAN LADAGE, ULRICH BERNER, ROBERTO PIERAU und ULF ROGALLA — Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover

Deutschland verfügt über ein bedeutendes Potenzial an Schiefergas. Nach einer Studie, die von der BGR in 2012 durchgeführt wurde liegen die ermittelten Schiefergasmengen deutlich über Deutschlands konventionellen Erdgasressourcen und -reserven (0,3 Billionen Kubikmeter). Damit könnte Schiefergas aus heimischen Vorräten signifikant zur Erdgasversorgung Deutschlands beitragen und den Rückgang der Förderung aus konventionellen Erdgaslagerstätten auffangen.

In der Studie wurden die wichtigsten Gesteinsformationen mit dem größten Schiefergaspotenzial untersucht. Diese befinden sich vor allem im Norddeutschen Becken. Kleinere Potenziale liegen im Oberrheintalgraben. Insgesamt werden die technisch förderbaren Mengen auf 0,7 bis 2,3 Billionen Kubikmeter Erdgas beziffert. Die verfügbaren Daten erlauben derzeit keine genauere Abschätzung. Zudem gilt, dass aufgrund von genehmigungsbedingten Auflagen nicht alle der ausgewiesenen Ressourcen genutzt werden können.

Neben der Untersuchung der geologischen Ressourcen hat die Studie auch mögliche Folgen einer Schiefergas-Förderung auf die Umwelt betrachtet und die Auswirkungen von Fracking-Maßnahmen untersucht.

Hauptvortrag AKE 12.2 Mi 17:30 HSZ-03
Nutzung unkonventioneller Erdgasvorkommen: Was sind die Risiken? — ●DIETRICH BORCHARDT — Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung-UFZ, Magdeburg

In den letzten Jahren setzt die Erdgasindustrie weltweit zunehmend die „Hydraulic Fracturing-Technologie“ ein. Bisher in Deutschland vor allem, um „konventionelle“ Erdgasvorkommen vollständiger nutzen zu können. Seit dem Jahr 2010 beabsichtigen Unternehmen der Erdöl- und Erdgasindustrie jedoch auch hierzulande, „unkonventionelle“ Erdgasvorkommen zu erkunden und zu fördern. Durch mehr oder minder seriöse

Medienberichte in den USA über dort durch Bohrungen und Gasförderung verursachte Verunreinigungen von Gewässern und Grundwasser, über brennbares Methan in Hausbrunnen, über Erdbeben und eine negative Klimabilanz wuchs die Sorge, dass natürliche Ressourcen (vor allem das Trinkwasser) gefährdet sind und eine Energie-strategische Fehlentwicklung befördert wird.

Mit der Erdgasförderung aus unkonventionellen Lagerstätten entstehen im Vergleich zur herkömmlichen deutschen Erdgasförderung neuartige Risikobereiche. Wesentliche Punkte sind:

1. Die unkonventionellen Vorkommen liegen in Deutschland in der Regel weniger tief als konventionelle Lagerstätten. Der Abstand zum nutzbaren Grundwasser und zu grundwasserabhängigen Ökosystemen ist geringer.

2. Für die Erschließung unkonventioneller Lagerstätten sind zahlreiche Bohrungen und Frack-Vorgänge erforderlich. Im Vergleich zur Förderung von Erdgas aus konventionellen Vorkommen bestehen zusätzliche Belastungen und Risiken:

- Es werden mehr Flächen für Bohrplätze und die technische Infrastruktur in einer Region benötigt. Daher sind mehr Menschen und insbesondere die Landwirtschaft, der Tourismus und der Naturschutz direkt betroffen.

- Es sind mehr Transportvorgänge (Lkw, Pipeline) und mehr Umfüll-, Reinigungs- und Lager-Vorgänge (Chemikalien, Abwasser, Erdgas) erforderlich – mit entsprechenden Unfallrisiken.

- Hinsichtlich der unterirdischen Vorgänge in der Lagerstätte aufgrund einer größeren Zahl von Frack-Vorgängen in einem begrenzten Raum liegen hierzulande keine Erfahrungen vor.

- Der Wasserverbrauch ist aufgrund der zahlreichen Frack-Vorgänge deutlich höher.

- Für die größere Zahl von Bohrvorgängen ist ein höherer Energieeinsatz erforderlich. Damit fällt die Öko-Bilanz schlechter aus.

Die Frage, ob diese Energienutzung am Ende gesellschaftlich gewünscht ist, bedarf einer in der Sache fundierten, sorgfältigen und realistischen Diskussion dieser Risiken und darauf aufbauenden rationalen politischen Entscheidungen.

AKE 13: Energy Storage III - Materials Aspects

Zeit: Mittwoch 18:15–18:30

Raum: HSZ-03

Hauptvortrag AKE 13.1 Mi 18:15 HSZ-03
Enthalpie, Entropie und Temperatur des Phasenübergangs fest-flüssig - eine Analyse von Elementen und chemischen Verbindungen — ●HARALD MEHLING — ZAE Bayern, Abteilung 2 "Funktionsmaterialien der Energietechnik", Am Hubland, 97074 Würzburg

Die Speicherung von Wärme als latente Wärme, das heißt bei konstanter Temperatur, geschieht im Allgemeinen unter Ausnutzung des Phasenübergangs fest-flüssig. Zur gezielten Optimierung der Speicher-materialien, sowie zur Abschätzung der theoretisch möglichen Speicherdichte, ist ein besseres Verständnis der Vorgänge auf atomarem und molekularem Niveau notwendig. Daher wurde eine Analyse der Enthalpie und Entropie des Phasenübergangs fest-flüssig, sowie der

Phasenübergangstemperatur, anhand von Daten von mehr als 450 Materialien (Elemente und chemischen Verbindungen) durchgeführt. Die Analyse zeigt, dass sich ähnliches Verhalten von Materialien in vielen Fällen durch ähnliche Effekte beim Schmelzen erklären lässt. In vielen Fällen ist das vereinfachte Bild der Lockerung von Bindungen beim Schmelzen im Zusammenhang mit einer Betrachtung des Ordnungsgrads in der festen Phase (kristallin/amorph) ausreichend um die vorliegenden Daten zu erklären. Speziell bei Materialien mit außerordentlich hohen Schmelzentropien treten jedoch zudem Änderungen der Bindungsart sowie Änderungen der Molekülstruktur zwischen der festen und flüssigen Phase auf. Letztere geben wertvolle Hinweise zur gezielten Optimierung der Speichermaterialien sowie zur Abschätzung der theoretisch möglichen Speicherdichte.