



LEIBNIZ-INSTITUT
für interdisziplinäre Studien e.V.
(LIFIS)

11th LEIBNIZ-CONFERENCE
OF ADVANCED SCIENCE

SOLARZEITALER 2011

Abstracts

12. - 13. Mai 2011

Lichtenwalde

Desertec – Strom aus der Wüste für eine nachhaltige Energieversorgung Europas

H. Müller-Steinhagen

Technische Universität Dresden

Am 30. Oktober 2009 wurde die DESERTEC Industrial Initiative (Dii) gegründet, mit dem Ziel, bis zum Jahr 2050 15% des europäischen Strombedarfs durch Import von Strom aus erneuerbaren Energiequellen in Nordafrika zu realisieren. Die dafür notwendigen Investitionen in neue Kraftwerke und Stromleitungen werden zwischenzeitlich auf ca. 600 Mrd Euro geschätzt.

In diesem Vortrag werden das DESERTEC Projekt und seine Integration in ein weitreichendes Konzept für eine nachhaltige, zuverlässige und bezahlbare Stromversorgung von Europa, Nordafrika und dem Mittleren Osten vorgestellt. Die Marktentwicklung von solarthermischen Kraftwerken wird anhand einer Technology Roadmap der relevanten Industrie dargestellt und dafür notwendige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten beschrieben. Neben der Erzeugung von Strom können solarthermische Kraftwerke auch zur Trinkwasserbereitstellung durch Meerwasserentsalzung eingesetzt werden. Technologisch ist DESERTEC bereits heute möglich; auch die Finanzierung wird im Hinblick auf den ohnehin notwendigen Ausbau der Kraftwerkskapazitäten in Europa und Nordafrika keine entscheidende Hemmschwelle sein. Letztendlich müssen die politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen für einen effektiven und sicheren Stromverbund und die für die Markteinführungsphase notwendigen Supportmechanismen geschaffen werden.

Solarbasierter Kohlenstoff-Kreislauf und nachhaltige Stoff-Energie-Wirtschaft (SONNE)

D. Möller

Brandenburgische Technische Universität (BTU) Cottbus

An der BTU Cottbus wurde eine Idee entwickelt, die gegenwärtig zu einem Projektvorschlag ausgearbeitet wird mit der Absicht, einen Sonderforschungsbereich (SFB) zu beantragen. Ziel der Idee ist es, die Machbarkeit eines geschlossenen anthropogenen Kohlenstoffkreislaufes zu erkunden, um damit

- einen weiteren Anstieg des Treibhausgases Kohlendioxids (CO₂) in der Atmosphäre zu verhindern und zu einer globalen Kohlenstoff-Nullbilanz zu gelangen;
- das Problem chemischer Energiespeicher auf der Basis von universell verwendbaren Kohlenstoffträgern zu lösen und
- gleichzeitig die auf der Basis fossiler Energieträger vorhandene Infrastruktur und technischen Lösungen nachhaltig weiter nutzen zu können.

Alle für die Umwandlung- und Transportprozesse erforderliche Energie muss primär aus Solarstrahlung entstammen; eine vollkommene Integration des SONNE-Konzepts mit dem DESERTEC-Projekt ist daher nicht nur wünschenswert sondern zugleich notwendig. Das Projekt SONNE geht von einer weitgehenden Abtrennung des CO₂ aus Rauch- und Prozessgasen (*carbon capture*) aus, wobei es *nicht* zu einer Sequestrierung, sondern *nur* zu einer Zwischenspeicherung kommen darf mit der Absicht, das abgetrennte CO₂ als Wertstoff in einen Kreislauf unter stofflicher *und* energetischer Nutzung zurückzuführen. Wir wollen daher die sog. CCS-Technologie (*carbon capture and sequestration*) in eine CCC-Technologie (*carbon capture and cycling*) umwandeln.

Es sind bereits zahlreiche Technologien bekannt – aber aus energetischen Gründen nicht näher in Erwägung gezogen worden – nach denen CO₂ in gasförmige und flüssige Kohlenwasserstoffe als auch Kohlenstoff umgewandelt werden kann. Diese, den fossilen Kohlenstoffträgern weitgehend ähnliche, aber nunmehr als solare Rohstoffe (*solar fuels*) bezeichnete Energieträger könnten die Basis für die *unbegrenzte* Weiternutzung der herkömmlichen Technologien (Kraftwerke, Heizwerke, Kraftfahrzeuge, Flugzeuge usw.) bilden. Der große Vorteil dieser Herangehensweise liegt darin, dass über 100 Jahre ingenieurtechnische Entwicklung und daraus entstandene, bereits weitgehend optimierte Technologien genutzt werden können und enorme Mittel *nicht* in aufwendige alternative technische Lösungen *sondern* in nachhaltige technische Lösungen der Projekte SONNE und DESERTEC fließen können.

Es muss in das allgemeine Bewusstsein rücken, dass Energie sich *nicht* in einem Kreislauf befindet, sondern *nur* in eine Richtung fließt, von der Sonne zur Erde, und hier (ob mit oder ohne Menschen) umgewandelt wird in letztlich nicht mehr nutzbare Abwärme, die in den Weltraum abgestrahlt wird. Alle bisherigen Umweltprobleme aber waren und sind *stofflicher* Natur, nämlich die Verschiebung (Störung) biogeochemischer Kreisläufe, von lokaler bis zu globaler Ebene. Eine nachhaltige Lösung kann daher nur in einer globalen Kreislaufwirtschaft liegen, die in ein Gleichgewicht münden muss. Wachstum darf nur bis zu einem (neuen) Gleichgewichtszustand erfolgen; der Naturhaushalt (die *globale Ökologie*) verbleibt im Gleichgewicht, solange sich Konzentrationen in den natürlichen Reservoiren nicht ändern. Mit dem Konzept SONNE (+ DESERTEC) kann die Menschheit sich diesem *nachhaltigen* Ziel nähern und es sogar realisieren.

Aber selbst wenn die von uns favorisierte CCC-Technologie an allen stationären Großquellen angewandt wird, würden ca. 50% (entspricht gegenwärtig 3-4 Gt C) der CO₂-Emission aus kleinen und mobilen Quellen weiterhin in die Atmosphäre abgegeben werden. Auch wenn eine zusätzliche CO₂-Aufnahme durch die Weltmeere von ca. 2 Gt C a⁻¹ als ultimative Senke angesetzt wird, bliebe die globale CO₂-Emission immer noch zu hoch (abgesehen von dem wahrscheinlichen, zunächst weiteren Anstieg infolge genutzter fossiler Rohstoffe). Es bleibt daher ein Gebot, den Kohlenstoffbedarf auch bei Realisierung des SONNE-Kreislaufs dahingehend zu minimieren, dass global CO₂-Quellen ohne *carbon capture* nur (2+x) Gt C a⁻¹ betragen dürfen. Die Größe x wird durch das Potential bestimmt, was an technischen Lösungen bereitgestellt werden kann, um dieses zusätzlich in die Atmosphäre abgegebene CO₂ wieder zu extrahieren. SONNE schlägt dazu drei Lösungsansätze vor: Abscheidung direkt technisch aus der Luft und dem Meerwasser sowie indirekt über Photosynthese (*biofarming*). Erst mit diesem Schritt kann der Kohlenstoffkreislauf geschlossen werden und bestünde sogar ein Potential zur aktiven CO₂-Reduzierung in der atmosphärischen Luft.

Die ungeheuren Energiemengen, welche für die Rückführung des CO₂ in solare Rohstoffe benötigt werden, muss der Solarstrahlung im sog. Sonnengürtel entnommen werden – das mit DESERTEC beginnende Solarzeitalter wird mit SONNE um die stoffliche Komponente ergänzt. Natürlich wird die Gesamtenergiebilanz negativ, d.h. große Mengen an Sonnenenergie werden *nicht* als Nutzenergie beim Anwender ankommen. Jedoch bleibt der Anteil insgesamt vom Menschen genutzter Sonnenenergie klein gegenüber der eingestrahelten Sonnenenergie. Auch bleibt die nicht genutzte Abwärme äußerst klein gegenüber der in der Atmosphäre umgesetzten Energie. Es ist klar, dass das Privileg, weitgehend *unbegrenzt* stofflich fixierte Energie ohne das CO₂-Problem nutzen zu können, *nur* mit hohem energetischem Primäraufwand realisiert werden kann. Diese steht aber ausreichend als Solarstrahlung zur Verfügung. Wir benötigen deshalb ein vollkommen neues ökonomisches Denken (Paradigmenwechsel), das nicht mehr nur von einer spezifischen Energiebilanz sondern von einer globalen „ökologischen Bilanz“ ausgehen muss. Nicht dauerhaftes Wachstum führt zur Lösung gesellschaftlicher Probleme, sondern die Erreichung von stationären Zuständen (auf von der Gesellschaft zu definierenden Niveaus). Entscheidend ist

das Erreichen einer stofflichen Nullbilanz, d.h. eine technische Nachahmung biogeochemischer Stoffkreisläufe bzw. die Integration des Menschen (im Sinne des Anthropocene) in einen noobiogeochemischen Kreislauf (Noosphäre = Anthroposphäre).

Mit nachwachsenden Rohstoffen dem Wandel begegnen – von der Erdölraffinerie zur Bioraffinerie

Th. Hirth

Universität Stuttgart und Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB), Stuttgart

Nachwachsende Rohstoffe haben eine lange Tradition in der chemischen Industrie, sind aber im Industriezeitalter durch den Einsatz von Kohle, Erdöl und Erdgas beinahe in Vergessenheit geraten. Ressourcenverknappung, Treibhauseffekt, Bevölkerungswachstum und das Streben nach nachhaltiger Entwicklung haben das Interesse an nachwachsenden Rohstoffen für die energetische und stoffliche Nutzung in Industrie und Forschung jedoch wieder neu geweckt.

Bis 1950 war Kohle der Basisrohstoff für die Herstellung chemischer Produkte. Heute beruht die chemische Produktion im Wesentlichen auf Erdöl und Erdgas, aus denen Grundstoffe wie Ethylen, Propylen, Kohlenstoffmonoxid oder Wasserstoff hergestellt werden. Aus diesen lassen sich über kontrollierte chemische Reaktionen komplexe Zwischenprodukte (Plattformchemikalien) aufbauen, die wiederum wegen der vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten zu einer Vielzahl von Folge- und Endprodukten umgesetzt werden können.

Ein Wechsel von einer fossilen zu einer erneuerbaren Rohstoffbasis bedeutet deshalb zwangsläufig einen Wechsel von Öl und Gas zu den nachwachsenden Rohstoffen Lignocellulose, Kohlenhydrate und pflanzliche Öle. Diese Biomasse stellt die einzige alternative Kohlenstoffquelle für die Erzeugung chemischer Produkte dar, im Gegensatz zur Energieerzeugung, die nicht unbedingt auf kohlenstoffhaltige Rohstoffe angewiesen ist. Bei der Umstellung von der Rohstoffbasis Kohle auf Erdöl und Erdgas im letzten Jahrhundert mussten zahlreiche neue Prozesse entwickelt werden, da damit ein Wechsel von der Acetylenchemie zur Ethylenchemie einherging.

Beim Übergang auf nachwachsende Rohstoffe sind neue biotechnologische und chemische Synthesestrategien und Herstellungsprozesse erforderlich, die es erlauben, chemische Produkte öko-effizient herzustellen. Ein wesentliches Element in einer solchen Prozesskette ist eine erfolgreiche Auftrennung der Rohstoffe in ihre einzelnen Komponenten und deren Umwandlung zu Chemierohstoffen durch eine Kombination von geeigneten physikalischen, biotechnologischen und chemischen Prozessen. In Analogie zu einer Erdölraffinerie erfolgt diese Auftrennung in einer Bioraffinerie.

Für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe bieten sich zwei Wege an, die auch bereits industriell genutzt werden:

- Möglichst weitgehende Nutzung der Syntheseleistung der Natur wie beispielsweise die Herstellung von Cellulosefasern oder Celluloseestern.
- Herstellung von Plattformchemikalien wie beispielsweise Ethanol und Milchsäure aus Zuckern, aus denen sich ein Stammbaum wichtiger Industriechemikalien ableiten lässt.

Von der Erdöl- zur Bioraffinerie – schrittweise Umsetzung integrativer Anlagenkonzepte

K. Bronnenmeier

Linde KCA Dresden GmbH, Dresden

Linde-KCA-Dresden, einer der führenden Anlagenbauer Europas und das Biotechnologie-Kompetenzzentrum der Linde Group, hat die industrielle/weiße Biotechnologie als neues, zukunftsweisendes Geschäftsfeld etabliert. Durch die Kombination von Biotechnologie- und Chemie-Know-how mit der Großanlagenbau-Erfahrung eines global tätigen Unternehmens ist Linde-KCA ideal aufgestellt für die technologische Realisierung des Übergangs von den fossil-basierten Raffinerien der Gegenwart zu den bio-basierten Raffinerien der Zukunft. Anhand ausgewählter Beispiele soll die Implementierung integrativer biotechnologisch-chemischer „Verbund“ Konzepte an bestehenden Standorten z.B. der Chemieindustrie konkreter erläutert und hinsichtlich der möglichen Entwicklungsszenarien für Bioraffinerien diskutiert werden.

Die Grüne Bioraffinerie – Demonstration im Havelland

B. Kamm, Ch. Hille, P. Schönike

Biopos e.V., Teltow und BTU, Cottbus

Gegenwärtig erzeugen Erdöl-Raffinerien sehr effizient eine Vielzahl von Produkten für nahezu alle Lebensbereiche. Der fossile Rohstoff steht jedoch nur begrenzt zur Verfügung. Die Entwicklung von vergleichbaren Bioraffinerien wird notwendig, um viele biologische Produkte konkurrenzfähig zu ihren auf fossilen Rohstoffen basierenden Äquivalentprodukten zu machen. Dabei umfasst die Produktpalette einer Bioraffinerie sowohl Produkte, die auf Basis von Erdöl hergestellt werden können, als auch Produkte, die auf Erdöl-Basis nicht hergestellt werden können.

Als GRÜNE BIORAFFINERIEEN [GBR's] werden komplexe Systeme nachhaltiger, umwelt- und ressourcenschonender Technologien zur umfassenden stofflichen und energetischen Nutzung bzw. Verwertung von nachwachsenden Rohstoffen in Form von Grünen und Abfallbiomassen aus einer im Ziel nachhaltigen Landnutzung bezeichnet].

Grüne Bioraffinerien sind ebenso Multiprodukt-Systeme und richten sich in ihren Raffinerie-Schnitten, -Fraktionen und -Produkten nach der Physiologie des Pflanzenmaterials, das heißt an Erhalt und Nutzung der Vielfalt der durch die Natur erbrachten Syntheseleistungen. In Erweiterung des Bioraffineriekonzepts orientieren sich GBR's sehr stark an den Nachhaltigkeitsprinzipien (nachhaltige Landnutzung, nachhaltige Rohstoffe, schonende Technologien, autarke Energieversorgung etc.).

Die Primärfractionierung von Grünen Biomassen und die Herstellung von Proteinen, Fermentationsmedien, Futtermitteln und Biogas werden in Andockung an ein Grüngut-Trockenwerk mit einem jährlichen Durchsatz von 20.000 Tonnen Biomasse (Primärraffinerie-Basisstufe) von Luzerne und Gras im Havelland (Land Brandenburg) in einem Pilotvorhaben demonstriert.

Diese Primärraffinerie kann in Modulen zur Herstellung von Plattformchemikalien und Synthesegas erweitert werden. Es werden am Beispiel des durchgeführten Basic Engineering der Primärraffinerie die Prozesse, Produkte, die Investitionskosten

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und die Klimaschutzwirkung dargestellt. Der Standort und die geplante Demonstrationsanlage werden präsentiert.

Sun to Fuel with Microalgae

O. Kruse

Bielefeld University, Dept. of Algae Biotechnology & Bioenergy, Center for Biotechnology

Solar to fuels with microalgae are nowadays considered as a promising alternative to the traditional use of crop plants for bioenergy production. However, to achieve the goals of profitable production lines and positive energy balances with algae, new bio-refinery concepts are needed to combine the production of bio-fuels such as bio-methane and bio-hydrogen with the extraction of oils for biodiesel and/or the separation of valuable co-products. Such bio-refinery concepts can be designed with the aim of achieving CO₂ neutral systems in which CO₂ and essential nutrients such as P and N are recycled. Since H₂ and CH₄ are volatile products that can be easily collected, these gaseous fuels can be considered excellent components of such new bio-refineries. The improvement of fuel production from microalgae includes the systematic analysis of metabolic pathways as well as targeted metabolic engineering with transformable microalgae to overcome potential bottlenecks.

Wissensbasierte Steuerung von Horizontalfermentern als System mit verteilten Parametern

D. Balzer

Leibniz-Institut für interdisziplinäre Studien e.V. (LIFIS)

B. Linke

Leibniz-Institut Potsdam-Bornim

Ein neuer Lösungsansatz einer wesentlich verbesserten Auslegung und Steuerung eines verfahrenstechnischen Systems für die Vergasung pflanzlicher, halmgutartiger Biomassen basiert darauf, dass zur Vergärung der biogenen Materialien die Gewinnung von Biogas in kontinuierlich betriebenen Horizontalfermentern erfolgt, das ein neuartiges Steuerungsobjekt mit verteilten Parametern darstellt. Die biogene Masse wird als feste Phase schwimmend über die Prozessflüssigkeit geführt, die ihrerseits über Umlaufpumpen auf die biogene Masse gesprüht wird. Der Horizontalfermenter verfügt mindestens für jede Phase des Biogasprozesses (Hydrolyse, Versäuerung, Essigsäurebildung, Methanbildung) über einen solchen getrennten Flüssigkeitskreislauf. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, dass die Prozess- bzw. Perkulationsflüssigkeit einer Phase bzw. eines Abschnittes nicht nur in die eigene Phase zurückgeführt wird, sondern auch in die anderen Phasen bzw. Abschnitte. Dadurch entstehen weitere Freiheitsgrade bei der Prozessführung, die für eine zusätzliche Optimierung genutzt werden können. Die automatisierungstechnische Innovation besteht darin, dass wir es im Unterschied zu den bisherigen Steuerungs- und Automatisierungssystemen für Bioreaktoren, die Systeme mit konzentrierten Parametern darstellen, mit einem System mit verteilten Parametern zu tun haben, das durch verteilte Steuerungsfunktionen optimiert, stabilisiert und gesichert werden soll. Die verteilten Steuerungsfunktionen sind einmal die Temperatur und zum anderen die Menge pro Zeiteinheit der durch die Umlaufpumpen transportierten Perkulationsflüssigkeit. Diese Steuerungsfunktionen, die ihrerseits sowohl zeit- als auch ortsabhängig sind, werden durch das Steuerungssystem so ausgewählt, dass sich im Horizontalfermenter ein optimales ortsabhängiges Temperaturprofil und für jeden Zustandsparameter (Fettsäurekonzentration,

Leitfähigkeit, Redox-Potential, pH-Wert, NH₄-Konzentration) ein optimales ortsabhängiges Werteprofil einstellt. Diese optimalen ortsabhängigen Profile sind das Ergebnis der Lösung einer Optimierungsaufgabe, bei der das Maximum der Biogasausbeute das Optimierungskriterium, das mathematische Modell der Statik des Horizontalfermenters mit einer vorgegebenen Eingangszusammensetzung der Biosuspension die Nebenbedingung und die ortabhängigen Profile der perkolierten Prozessflüssigkeit die Steuergrößen darstellen. Diese optimalen Profile werden als Sollwerte für die verteilten Regler verwendet. Das Steuerungssystem funktioniert. Berechnungen haben einen um ca. 30 % geringeren Investitionsaufwand und um eine ca. 20 % höhere Biogasausbeute gegenüber vergleichbaren herkömmlichen Anlagen ergeben.

Rolle der Bioenergie in einer zukünftigen Energieversorgung

D. Thrän

Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH (DBFZ) Leipzig

Vor dem Hintergrund der begrenzten und mit negativen Umwelt- und Klimagaseffekten versehenen fossilen Energieressourcen wurden internationale bzw. nationale Ziele bezüglich des Ausbaus von Energieeffizienz und Erneuerbaren Energien formuliert. Um diese ambitionierten Ziele zu erreichen, die Versorgung eines wachsenden Energiebedarfs zu sichern und dies ferner wirtschaftlich und umweltschonend zu gewährleisten, ist ein forciertes Wachstum einer nachhaltigen Nutzung Erneuerbarer Energien notwendig.

Aktuell liegt der Anteil der Bioenergie weltweit bei 77 %. In den 26 EU Ländern wird im Jahre 2020 ein Beitrag von 60% zu erwartet. Die Basis der Bioenergienutzung bildet eine Vielzahl von Ressourcen und Umwandlungsverfahren, kontinuierlichen Innovationen bei Technologien/Verfahren (z.B. ORC, thermo-chemische Vergasung, Brennstoffzellen), bzw. vielfältigen Einsatzmöglichkeiten als Nutzenergie. Bioenergie kann außerdem zur Regionalentwicklung beitragen, ist gut kombinierbar mit weiteren erneuerbaren Energien und bietet neue Möglichkeiten für Export und Technologietransfer. Bioenergie hat jedoch ebenfalls räumliche, zeitliche und technische Grenzen und ihr unbedachter Einsatz kann mit verschiedenen Umweltrisiken einhergehen (Biodiversität, Landnutzungsänderungen, Nahrungsmittelpreisänderungen, etc.).

Um die nachhaltige Nutzung von Biomasse für eine zukünftige Energiebereitstellung zu gewährleisten, ist weiterer Forschungsbedarf im Rahmen verschiedener Schwerpunkte notwendig:

1. Optimierung der Bereitstellungskette aufgrund einer Ausweitung der Rohstoffbasis auf Reststoffe, alternative Energiepflanzen und Nutzung bisher ungenutzter Flächenpotentiale (z.B. Landschaftspflegematerial, Dauerkulturen und Nutzung von Marginalflächen), Optimierung von Konversionstechnologien (Steigerung der Wirkungsgrade, des Energieertrags und Reduktion der Emissionen) bzw. Ausweitung auf strategische Anwendungsfelder (z.B. Fluggastkraftstoffe, Bereitstellung von SDL und Ausgleich fluktuierender Stromerzeugung, Einspeisung von Biomethan ins Erdgasnetz).
2. Analyse nicht-technischer Rahmenbedingungen (markt-, organisatorisch- und politische Bedingungen, Stakeholder, Qualitätsstandards, usw.).
3. Umfassende Integration von Nachhaltigkeitsanforderungen entlang der gesamten Bereitstellungskette, integrierte Systemanalyse, Identifizierung von Nutzungskonkurrenzen. Darüber hinaus sind Ziele einer künftigen Energieforschung, die Entwicklung quantitativer Nutzungsszenarien, Alternativen, Strategien und Instrumente für die Unterstützung lokaler, regionaler und nationaler Entscheidungsträger bzw. Ansätze zur Etablierung einer nachhaltigen Energiepolitik.

Wasserstofferzeugung, -speicherung und -nutzung als Teil des Hybridkraftwerkes

*H. J. Krautz, M. Klatt, C. Tillmann
BTU, Cottbus*

Die politischen Zielvorgaben sind klar. Der Ausbau der Erneuerbaren Energien wird von der Bundesregierung weiter vorangetrieben, so dass bis 2020 deren Anteil am Bruttostromverbrauch 35 % betragen soll. Des Weiteren soll laut Energiekonzept im Jahr 2050 bereits 80 % durch Erneuerbare Energien abgedeckt werden. Die ausgeprägte Varianz, insbesondere der Windenergie, stellt die Energiewirtschaft im Bereich des Netzmanagements jedoch bereits jetzt vor große Herausforderungen. Kraftwerke, welche zur Deckung der Grundlast konzipiert wurden, müssen immer häufiger im Teillastbereich und damit außerhalb des optimalen Arbeitspunktes arbeiten und die prinzipbedingten Stromspitzen regeln.

Eine Möglichkeit, diesem Problem zu begegnen, ist die Nutzung von Speichertechnologien, so zum Beispiel auf Basis von elektrolytisch erzeugtem Wasserstoff. Dabei kann dieser Wasserstoff bedarfsgerecht rückverstromt bzw. einer weiteren Nutzung zugeführt werden. Ein solches Konzept eines „Hybridkraftwerkes“ zur Netzregelung mittels Speicherung über Wasserstoff wird zurzeit innerhalb des Verbundprojektes „Erzeugung von Wasserstoff mittels Regenerativer Energien“ von der ENERTRAG und der BTU Cottbus in Angriff genommen. Dabei geht es seitens ENERTRAG um die Realisierung einer Pilotanlage unter realen Bedingungen und seitens der BTU Cottbus um die wissenschaftliche Begleitung im neu geschaffenen Wasserstoff-Forschungszentrum.

Synthesegasherstellung durch solare Reformierung und solar thermochemische Kreisprozesse - Entwicklung vom Labor bis zur Pilotanlage

*M. Roeb, Ch. Sattler
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Köln*

Solarenergie wird schon heute in der Stromerzeugung eingesetzt, um fossile Ressourcen zu schonen und die Emission von Treibhausgasen zu vermeiden. Die gleichen Ziele verfolgt die solare Erzeugung von chemischen Produkten. Die Möglichkeit der Lagerung solcher Produkte erlaubt es, die Fluktuationen der Solareinstrahlung zu puffern. Besonderes Interesse gilt der solaren Erzeugung von Synthesegas, da dies Vorprodukt einer ganzen Reihe von Wertstoffen ist, wie z.B. Methanol, Ammoniak oder synthetischen Brennstoffen.

Zwei Prozesse, die in der Lage sind, Sonnenenergie zu nutzen, um Synthesegas herzustellen und die beim DLR intensiv untersucht werden, sind die solar assistierte Reformierung von Erdgas und die solar-thermochemische Reduktion von CO₂ und Wasser. Am DLR werden vor allem Methoden und Komponenten zur Solarisierung solcher Prozesse, d.h. die Kopplung einer Synthesegaserzeugungseinheit mit der Solaranlage, entwickelt. Die Solaranlage der Wahl ist eine Solarturmanlage, mit der sich die notwendigen Prozesstemperaturen von über 800 °C realisieren lassen. Das Spektrum der Untersuchungen und Entwicklungen am DLR reicht von grundlegenden Arbeiten zur Kinetik und Thermodynamik der beteiligten Prozesse bis zur Realisierung und zum Testbetrieb von Pilotanlagen mit mehreren 100 kW Solarleistung.

Rolle der intelligenten Netze für PV und Solarthermie

R. Christian

Siemens AG, Erlangen

Seit 50 Jahren steigt der Stromverbrauch rapide an. Immer mehr Anwendungen wurden elektrisch und der elektrische Energiebedarf wächst weiter. Wir sind auf dem Weg in ein neues Stromzeitalter, das ein nachhaltiges Energiekonzept erfordert. Hier spielt die CO₂-arme Energieerzeugung basierend auf erneuerbaren Energien, vor allem Wind und Sonne, eine entscheidende Rolle für einen ausgewogenen Energiemix.

Siemens-Prognosen gehen davon aus, dass im Jahr 2030 circa 1.300 TWh mit der Kraft der Sonne erzeugt werden können, mittels einer Kombination von solarthermischen Großkraftwerken und dezentral verteilten Photovoltaikanlagen. Doch diese Strommenge muss erst einmal bis zum Verbraucher gelangen – eine Aufgabe für intelligente und leistungsfähige Netze.

Die solarthermischen Großkraftwerke, mit jeweils mehreren hundert MW Leistung, entstehen vor allem in den sonnenreichen Gegenden und Wüstenregionen wie in Südeuropa, Kalifornien und Afrika. Eine Herausforderung liegt darin, den Strom verlustarm über weite Entfernungen bis in die Lastzentren zu übertragen. Die geeignete Technologie dafür ist die Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ), die quasi als Stromautobahn eine hohe Leistungsübertragung mit einer Effizienz von über 95 Prozent über mehrere tausend Kilometer ermöglicht. Ein Ziel liegt darin, dass innerhalb Europas die Hochspannungsnetze ausgebaut und miteinander verknüpft werden. Das dadurch entstehende Supergrid soll die Netze stabilisieren, die erneuerbaren Energien integrieren und die Energieversorgung sichern. HGÜ-Technologie und Supergrids sind wichtige Bausteine, um die Vision „Desertec – Strom aus der Wüste“ realisieren zu können.

Im Gegensatz zur Solarthermie zeichnet sich die Stromerzeugung mittels Photovoltaikanlagen – aber auch andere regenerative Erzeugungen wie Windanlagen, Biomassekraftwerke und Blockheizkraftwerke – dadurch aus, dass sie vorwiegend dezentral, zigtausendfach verteilt, mit kleiner Leistung und stark fluktuierend erfolgt. Speichereinrichtungen werden auf die schwankenden Einspeisungen und Lasten zunehmend ausgleichend wirken können. In jedem Fall kommt eine Herkulesaufgabe auf die Stromnetze in der Mittel- und Niederspannungsebene zu, um die stark stochastischen Leistungsschwankungen verkraften zu können. Hier sind intelligente und flexible Netze, die sogenannten Smart Grids, der Schlüssel zum Integrationserfolg der dezentralen Erzeugungsanlagen, ohne dass die Netze kollabieren. Erst ein Smart Grid versetzt beispielsweise Verbraucher – egal ob Haushalte oder Unternehmen – in die Lage, Strom aus erneuerbaren Energien dann zu nutzen, wenn er kostengünstig im Netz zur Verfügung steht. Vollautomatisch und ohne Komforteinbußen: Informations- und Kommunikationstechnologielösungen steuern die Nachfrage, statt nur auf sie zu reagieren. Ein smarter Umgang mit Energie, der sich doppelt lohnt – ökonomisch und ökologisch.

Jedoch sind die europäischen Stromnetze am Limit und müssen fit gemacht werden. Die Integration der erneuerbaren Energien verursacht Herausforderungen hinsichtlich Spannungshaltung und Netzstabilität. Um diesen Anforderungen gerecht werden zu können, sind daher in den nächsten Jahrzehnten umfassende Investitionen in Netzausbau und Netzmodernisierung nötig. Alleine in Deutschland müssen gemäß der Netzstudie II der Deutschen Energie-Agentur bis zum Jahr 2020 rund 3.600 km Höchstspannungstrassen mit etablierter 380-kV-Freileitungstechnik neu gebaut werden. Die Kosten für diese Basisvariante betragen einschließlich des Anschlusses der Offshore-Windparks insgesamt 9,7 Milliarden Euro. Man kann darüber hinaus ableiten, dass auch für die Verteilungsnetze Investitionen in ähnlicher Größenordnung erforderlich sein werden, um den neuen

Erzeugungskonfigurationen gerecht zu werden. Bei den geplanten Vorhaben gilt es, mit den beteiligten Stakeholdern eine gemeinsame Marschroute zu finden, um den Netzausbau zügig voranzutreiben.

Power-to-Gas-Energiespeicherung durch Kopplung von Strom- und Gasnetz – eine interdisziplinäre Innovation

M. Sterner

Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Kassel

M. Specht

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart

Im Vortrag wird das Power-to-Gas-Konzept vorgestellt, welches eine Lösung für das Problem der Energiespeicherung sein kann und zudem über Wind- und Solarkraftstoffe die Schwierigkeiten in der Dekarbonisierung des Verkehrs überwindet.

Das interdisziplinäre Konzept basiert auf der Idee einer bidirektionalen Kopplung von Strom- und Erdgasnetz. Strom wird im Gasnetz als vollwertiges Erdgas-Substitut gespeichert: Regenerativer Strom spaltet Wasser über eine Elektrolyse in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff. Der Wasserstoff wird mit CO₂ in einer thermochemischen Synthese (Methanisierung) zu Methan konvertiert. Das erneuerbare Methan wird anschließend gespeichert, transportiert und je nach Bedarf als Ausgleichsenergie über eine Rückverstromung z.B. in Gaskraftwerken oder dezentralen BHKW mit hohen Nutzungsgraden in der KWK eingesetzt. Wind- und Solarenergie wird auf diese Weise in einen CO₂-neutralen Energieträger mit hoher Energiedichte umgewandelt, der verflüssigt in Form von Kerosin oder Diesel auch im Verkehrswesen eingesetzt werden kann. Damit können bestehende Schwächen anderer regenerativer Optionen überwunden werden: Das nachhaltige Biomassepotential ist global nicht ausreichend, um den Mobilitätsbedarf zu stillen. Darüber hinaus verschärft sich zunehmend die Konkurrenz zwischen Nahrung und Treibstoff. Über Windkraftstoffe kann eine kombinierte Energie- und Landwirtschaft etabliert werden. Hohe Investitionskosten und geringe Reichweiten behindern derzeit die Markteinführung der Elektromobilität. Über reine Gasfahrzeuge, welche Stand-der-Technik sind, oder Plug-in Hybridfahrzeuge mit „range extender“ kann eine klimafreundliche Mobilität auf Basis von Wind- und Solarenergie voll umgesetzt werden. So kann mit der neuen Technologie quasi jedes Land eigene Kraftstoffe herstellen, was die Importabhängigkeit deutlich senkt und andere positive energiewirtschaftliche Effekte hat.

Insgesamt stellt das Konzept Power-to-Gas damit einen entscheidenden Eckstein in der Energiewende hin zu erneuerbaren Energien dar. In dem Vortrag wird neben dem Grundkonzept und seinen Vorteilen auf die aktuelle Entwicklung der Technologie von der Pilotanlage, über eine Forschungsanlage hin zur ersten kommerziellen Anlage eingegangen.

Keramische Materialien und Systeme für die Energietechnologien: Photovoltaik, Batterien und Brennstoffzellen

A. Michaelis

Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Sinterwerkstoffe (IKTS), Dresden

Um die Energieversorgung der Zukunft sicherzustellen müssen regenerative-, Effizienz- und Speichersysteme zusammenwirken. Beispiele hierfür sind die Photovoltaik regenerativ),

Brennstoffzellen (Effizienz) und Li-Ionen Batterien. Die Performance und Sicherheit dieser Systeme wird entscheidend von keramischen Materialien und Technologien bestimmt. Anhand konkreter Beispiele wird der Stand der Entwicklung beleuchtet. Im Falle der Li-Ionenbatterien wird besonders auf das Materialdesign und die Fertigungstechnologien der keramischen Kathodenmaterialien eingegangen. Die gleichen Fertigungstechnologien, speziell die keramische Dickschichttechnologie ist auch für die effiziente Herstellung von Solarzellen relevant. Als Brennstoffzellentechnologie wird die Hochtemperaturbrennstoffzelle SOFC (solid oxide fuel cell) in den Vordergrund gestellt. Im Gegensatz zu Wasserstoff betriebenen Brennstoffzellen wie der PEM (polymer electrolyte membrane fuel cell), können SOFC Systeme direkt mit konventionellen bzw. regenerativen Kohlenwasserstoffen (z.B. Bioethanol) betrieben werden und benötigen damit keine neue Kraftstoff Infrastruktur. Die Entwicklungsreife der Systeme ist unterschiedlich zu bewerten. Während Li Ionenbatterien und Solarzellen sich bereits im Markt bewährt haben, muss die SOFC erst noch den kommerziellen Durchbruch erreichen. Es wird gezeigt, dass dieser kommerzielle Durchbruch für den Markt der stationären Stromgeneratoren und Kraft Wärme Kopplungssysteme kurz bevor steht. Für eine weitere Erschließung des Marktes müssen alle Systeme speziell bezüglich der Herstellkosten und Lebensdauer weiter optimiert werden. Bei den Li-Ionenbatterien kommen Sicherheitsaspekte hinzu. Es wird aufgezeigt, dass die Lösung dieser Probleme die gesamtheitliche Betrachtung der Wertschöpfungskette von den Werkstoffen bis zu den Fertigungstechnologien erfordert.

Erweitertes Smart Metering zur verbesserten Verbrauchsanalyse und für neuartige Smart Home Services

*M. Götze, T. Rossbach, W. Kattanek
IMMS, Ilmenau
St. Nicolai, H. Rüttinger
Fraunhofer-Application Center for Systems Engineering, Ilmenau*

Während Smart Metering, der Einsatz digitaler Zähler zur zeitnahen Übermittlung von Verbräuchen, die Transparenz des Energieverbrauchs größerer Objekte wie ganzer Wohnungen verbessert, ermöglicht der Einsatz drahtloser Sensorik einen zusätzlichen Nutzen bei der Implementierung so genannter Sub-Metering-Lösungen, d.h. der Erfassung der Energieaufnahme je Verbraucher.

Dieser Beitrag resümiert die Erfahrungen aus einer Pilotinstallation einer erweiterten Smart-Metering-Lösung. In einem Anwenderbericht wird der Zugewinn an Informationen analysiert und skizziert, wie dieser in einem Energiemanagement-System wie auch zur Realisierung neuartiger Verbraucherservices Verwendung finden kann. Dabei wird auch auf Aspekte des Smart Grids im Allgemeinen und der Solareinspeisung im Besonderen eingegangen.

Photovoltaik: Marktpotenzial und technologische Trends am Beispiel kristalliner Siliziumtechnologie

*P. Wawer
Q-Cells SE, Thalheim*

Solarzellen aus kristallinem Silizium sind bis zum heutigen Tag das mit Abstand dominierende Produkt im rasant wachsenden, weltweiten Markt für Photovoltaik. Gründe dafür sind die sehr gut beherrschbare Technologie und das enorme

Kostenreduktionspotential, welches die letzten Jahre die Wettbewerbsfähigkeit für Siliziumbasierte Solarzellen und Module kontinuierlich gesteigert hat. Der Vortrag gibt einen kurzen Überblick über die Marktentwicklung der Photovoltaik um dann auf die heute gebräuchlichen Herstellungsverfahren entlang der PV Wertschöpfungskette einzugehen. Am Beispiel der kristallinen Solarzelle werden im Einzelnen Maßnahmen zur Steigerung von Wirkungsgrad und Reduktion von Fertigungskosten erläutert. Der Vortrag beinhaltet auch einen Ausblick auf die zukünftige Bedeutung erneuerbarer Energien im Zusammenhang mit dem weltweit unvermindert wachsenden Energie- und Elektrizitätsbedarf.

Photovoltaic in den Staaten der ehemaligen Sowjetunion

K. Thiessen

Wista Management GmbH, Berlin

In der Sowjetunion wurden ausschließlich für die Raumfahrt in drei leistungsfähigen Werken in Moskau, Krasnodar und Kiew Zellen und Module auf der Basis von monokristallinem Silizium und Konzentratormodule auf der Basis von III-V-Verbindungen produziert. In den 90er Jahren blieben davon nur Reste übrig.

In Russland behindert das Fehlen eines EEG größere Investitionen in Produktionsanlagen und einen breiten terrestrischen Einsatz. Die Initiativen EuroSolarRussia und Solar2Ru sollen hier Abhilfe schaffen.

In der Ukraine gibt es ein EEG, was zur Errichtung riesiger Freiland-PV-Anlagen, vor allem auf der Krim und zur völligen Erneuerung der Poly-Si-Produktion in Saporoshje führt.

Kasachstan setzt verstärkt auf erneuerbare Energien. Kürzlich wurde in Almaty ein Deutsch-Kasachisches Photovoltaik-joint-venture gegründet.

Potentiale der Kostenreduktion mit dem Einsatz neuer Materialien bei der Modulherstellung

P. Randel

Wacker Chemie AG, Burghausen

Die Photovoltaik hat immer bessere Chancen, ein Standbein der zukünftigen Stromversorgung zu werden. Allerdings hat die Photovoltaik zwei Schwachstellen: Erstens ist Solarstrom derzeit noch verhältnismäßig teuer. Ohne staatlich geförderte Einspeisetarife kann die Photovoltaik noch nicht gegen die etablierten Stromerzeugungstechniken konkurrieren. Zweitens können Photovoltaikmodule unter Umständen schneller als erwartet altern. Um wettbewerbsfähig zu werden, arbeitet die Photovoltaikindustrie daher intensiv an der Reduzierung der Produktionskosten und an der Verbesserung der Modulqualität, vor allem hinsichtlich der Langzeiteffizienz und -stabilität.

Durch Verwendung eines neuartigen, hochtransparenten thermoplastischen Einbettungsmaterials (TECTOSIL®) und die Verwendung neuer Front-/Rückseitenmaterialien kann die Effizienz von PV Modulen und die Kostenreduktion durch effizientere Laminierprozesse ermöglicht werden.

Smart-Power ICs für Solarmodule: Nutzen-Kosten- Zuverlässigkeit

*M. Götz
DMOS GmbH, Dresden*

Die netzgekoppelte Photovoltaik zur Erzeugung elektrischer Energie aus Sonnenlicht ist im nächsten Jahrzehnt gefordert, die Netzparität zu anderen Energieerzeugungsverfahren zu realisieren.

Auf diesem Weg bestimmen im Wesentlichen drei Faktoren den technologischen Fortschritt: Langlebigkeit der Komponenten, Senkung der Kosten und Ertragssteigerung. Hinzu kommen als wichtige Randbedingungen die Erhöhung der Anlagensicherheit und die Minimierung von Gefährdungsfällen durch PV-Anlagen.

Im Fokus stehen dabei das Solarmodul und der Wechselrichter als die beiden Elementarkomponenten der PV-Anlage. Hierbei kann Leistungselektronik mit integrierter intelligenter Steuerung (Smart-Power-ICs) zur Leistungswandlung und Leistungsanpassung, aber auch zur Realisierung von Überwachungs- und Schutzfunktionen gewinnbringend eingesetzt werden.

Während Wechselrichter bereits auf diese Bauelemente zurückgreifen, wird die Nutzung in Solarmodulen gegenwärtig anfänglich diskutiert. Zum Beispiel kann die Leistungsabgabe eines PV-Stranges mit teilverschatteten Solarmodulen durch eine in das Modul integrierte Leistungsanpassung erheblich gesteigert werden. Eine integrierte Leistungselektronik, die Module im Gefährdungsfall abschaltet, gewährt einen signifikanten Schutz bei Wartung und Brandbekämpfung.

Solarmodule sind Energieerzeuger mit einer Leistung von bis zu 300Wp und Spannungen von bis zu 120V. Modulelektroniken einer solchen Leistungs- und Spannungsklasse können mit Hilfe von hocheffizienten Smart-Power-ICs sehr kostengünstig realisiert werden. Die Kosten sind auf wenige €/Cent/Wp prognostizierbar und müssen gegen zusätzlichen Ertrag oder zusätzlich gewonnene Sicherheit abgewogen werden.

Solarmodule mit integrierter Leistungselektronik stellen eine Komponente dar, deren Zuverlässigkeit nicht hinter konventionelle Solarmodule zurückfallen darf. Die Belastungen der integrierten Bauelemente sind mit denen im Automobil und die geforderte Lebensdauer mit denen in Industrieanlagen und Versorgungsnetzen vergleichbar. Damit stellt die Photovoltaik völlig neue, bisher wenig untersuchte und spezifizierte Belastungsanforderungen an die ICs.

Insbesondere die Ausarbeitung von Zuverlässigkeitsstandards und Untersuchungen zur Lebensdauer von realisierten Smart-Power-ICs für Solarmodule sind als wichtige Voraussetzung für einen Einsatz von diesen Bauelementen in der Photovoltaik zu benennen.

Dezentrale, autarke Stromerzeugungssysteme auf Basis erneuerbarer Energien - Minigrids

*B. Broich
BB-TEC-CONSULT, Berlin*

Dezentrale regenerative Energiesysteme sind Systeme zur verbrauchernahen Erzeugung von Wärme und/oder Strom in vielen kleinen Anlagen auf der Basis regenerativer

Primärenergiequellen. Sie gewinnen aus den bekannten Gründen des Klima- und Umweltschutzes und der Verknappung bzw. Verteuerung fossiler Energiequellen zunehmend an Bedeutung. Im Vortrag wird insbesondere auf dezentrale Stromerzeugungssysteme auf Photovoltaikbasis eingegangen, die erst in Kombination mit Stromspeichern autarke Inselösungen darstellen. Deren Anwendungsspektrum reicht vom einfachen Solar-Home-System bis hin zu Stromversorgungssystemen für Multi-User-Anwendungen in sog. Minigrids. Ausgehend von den beiden Tatsachen, dass weniger als 10 % der weltweit installierten PV-Leistung netzunabhängige Systeme sind und dass ca. 2 Milliarden Menschen in überwiegend sonnenreichen, abgelegenen Regionen der Welt ohne elektrischen Strom mit allen damit verbundenen Nachteilen für die Gesundheit, Bildung, Lebensqualität und Erwerbsfähigkeit leben müssen, werden die Chancen für dezentrale, autarke PV-Systeme und Minigrids und die damit verbundenen technischen wie sozioökonomischen Herausforderungen diskutiert.

Reflexionen zur ambivalenten Stellung der WÄRME in der Energetik

L.-G. Fleischer

Leibniz-Institut für interdisziplinäre Studien e.V. (LIFIS), Berlin

Während der *Energiebegriff* als ein fundamentaler, die Physik strukturierender und ihre Teilgebiete verbindender, über die Persistenz der Physik universalisierter, sogar anschaulicher Begriff auf seinem aktuellen Erkenntnisniveau vergleichsweise genau charakterisiert und angewendet wird, bleibt der *Begriff Wärme* an hinreichender logischer Exaktheit (mit Ausnahme in der statistischen Mechanik) deutlich dahinter zurück.

Im Alltagsleben, in der Technik sowie der Technologie und selbst in der phänomenologischen Thermodynamik überwiegen bei der Charakterisierung des Phänomens Wärme und der Verwendung des Wärmebegriffes noch immer das intuitive Selbstverständnis, wenig reflektierte empirische Erfahrungen, wissenschaftlich überholte konventionelle Vereinbarungen und Übereinkünfte. Das gilt leider auch für die *Energetik*, womit der *Transport*, die *Umwandlung* und die *Speicherung* der Energie unter natur- und technikwissenschaftlichen Aspekten bezeichnet sein sollen. Das schließt die Solarthermie und die Photovoltaik ein.

Die im Grunde faktisch und logisch verwobene Entwicklung des praktischen und theoretischen Wissens über Phänomene und die (im Inhalt und Umfang) teoriengeleitete Begriffsbildung divergieren hinsichtlich der Wärme sowie ihrer Komposita beträchtlich. Und das trotz der erheblichen Vorerfahrungen, der aktuellen Erkenntnisse, der Möglichkeiten, der Notwendigkeiten und Erwartungen.

Die in ihrem Wesen bis dato begrifflich nicht exakt erfasste *Energieform Wärme* $\delta Q_{\text{rev.}} = T \delta_e S$ (siehe Wärmekapazität, Wärmeträger, Wärmespeicher, Wärmestrahlung...) hat in der Energetik als transiente, wegabhängige und damit technologisch beeinflussbare physikalische *Prozessgröße* eine *ambivalente Stellung*. Einerseits ist sie - in Grenzen zu haltendes, zu optimierendes - naturgesetzliches Ergebnis jeglicher Dissipation infolge der Irreversibilität natürlicher und technischer Prozesse: $\delta W_{\text{diss.}} = T d_i S \approx \delta Q$.

Selbst thermische Energie ($T S$) wird dissipiert, was sich in der Reduzierung ihrer Arbeitsfähigkeit, wie der Exergie der Wärmemenge: $dE_{(Q)} = (T - T_U)/T Q_{\text{rev.}}$ und deren Transformation in Anergie: $dB_{(Q)} = T_U/T \delta Q_{\text{rev.}}$ ausdrückt.

Es gilt:

$$\delta Q_{\text{rev.}} = (T - T_U)/T \delta Q_{\text{rev.}} + T_U/T \delta Q_{\text{rev.}} \approx \text{Exergie} + \text{Anergie} = \text{Energie.}$$

Andererseits kommt der Wärme und der Kälte (dem Wärmeentzug unterhalb der Umgebungstemperatur T_U) in thermischen Ausgleichs- und Transportprozessen – als intern äquilibrierenden bzw. zu- und abzuführenden Wärmeströmen – eine *überragende Bedeutung* für alle thermischen Prozesse der Erwärmung, der Abkühlung ohne und mit Phasenreaktionen zu. Die exergetische Betrachtungsweise und Exergiebilanzen sind für die, im breiten Temperaturintervall genutzte thermische Energie besonders geeignete und aussagefähige Instrumentarien. Das betrifft hauptsächlich die Nutzenergien ‚Raumwärme‘, Prozesswärme, Prozesskälte und die Klimatisierungskälte.

Die zu diskutierenden *exergetischen Analysen* belegen:

- *Wärme/Kälte* wird in Deutschland gegenwärtig zu verschwenderisch gewonnen und angewendet.
- Die *dezentrale Wärmeerzeugung* führt zur deutlichen thermoökonomischen Effizienzsteigerung und gewichtigen Ressourcenschonung.
- *Koppelproduktionen* (z. B. über KWK) und die regenerative Wärmenutzung erweisen sich als effizienz- und rentabilitätssteigernde Verfahrensprinzipien.
- Solarthermie und Photovoltaik besitzen beträchtliche Entwicklungspotentiale.

Innovative Speicherstrategie als Basis für eine komplette Neuausrichtung der Energieversorgung im individuellen Wohnbereich

A. Golbs, St. Weber

Rawema Countertrade Handelsgesellschaft mbH, Bautzen

P. Werner

BME Dr. Golbs & Partner GmbH, Bautzen

Unsere Betrachtungen basieren auf dem Nutzerverhalten und den im individuellen Wohnbereich definierbaren Rahmenbedingungen. Folgende Thesen liegen unserer Arbeit zu Grunde:

Definiert man die Rahmenbedingungen für den individuellen Wohnbereich auf ein Einfamilienhaus mit einer Wohnfläche von 140 qm bei Einhaltung der geltenden Vorschriften für die Wärmedämmung, dann ist der solare Energieeintrag über 12 Monate – standortabhängig betrachtet – bis zu 2,7 mal höher als der Bedarf zur Wärmeenergiebereitstellung für 4 Personen im definierten Umfeld.

1. Der Energieeintrag bezieht sich auf eine über Solarthermielösungen nutzbare Dachfläche von 25 bis 40 qm.
2. Die Betrachtung der Verfügbarkeit zeigt, dass der Hauptteil der Energie im Sommer gewonnen wird, der Hauptbedarf in den Monaten Dezember, Januar und Februar entsteht.
3. Der Einsatz von Langzeitspeichern auf Salzbasis ist möglich. Wärmeenergie kann bei Nutzung der latenten Speicherung verlustfrei über die genannten Zeiträume gespeichert werden. Das Problem der Langzeitstabilität ist unter Testbedingungen gelöst.
4. Die von uns eingesetzten Stoffsysteme bedienen den Temperaturbereich von 52-60 °C; die Speicherkapazität ist jedoch relativ gering.
5. Das Problem des Wärmeeintrags in das Speichersystem ist gelöst. Gleiches gilt für die Wärmebereitstellung.
6. Betrachtet man die in den Thesen 1 bis 6 dargestellten Fragen als sicher beantwortet, kann man das Problem der Wärmeversorgung über zwei Komponenten lösen, entweder über das Mengengerüst oder über die innovative Speicherstrategie in ihrer Umsetzung

als hochkomplexe Steuerung mit dem Ziel der kombinierten Nutzung aller verfügbaren Energiepotentiale zum jeweiligen Zeitpunkt.

7. In unserem Beitrag zeigen wir auf, wie mit einem für den Verbraucher bezahlbaren Speichersystem eine nahezu komplette Wärmeversorgung im individuellen Wohnbereich gesichert werden kann.

2050 – 100% Strom aus erneuerbaren Energien in Deutschland

H. Lehmann

Umweltbundesamt, Dessau

Kürzlich veröffentlichte Szenarien für verschiedenste Regionen in Europa (Deutschland, Katalunien, Hamburg Wilhelmsburg) zeigen im Detail, wie die Transformation in eine Vollversorgung mit erneuerbaren Energien erreicht werden kann. Die hierfür notwendigen Maßnahmen und Instrumente werden dabei aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet: auf lokaler Ebene (Stadtplanung – Architektur) bis hin zur Einführung erneuerbarer Energien auf internationaler Ebene (z.B. Desertec). Eine besondere Rolle wird der Stromsektor einnehmen sowie dessen Struktur und die mit der Umstellung auf eine Versorgung aus 100 % erneuerbaren Energien notwendige Dynamik.

Das Prinzip der dreifachen Entlastung

K. Renoldner

Arzt, Neupölla/Österreich

Das Prinzip der dreifachen Entlastung ist ein ärztlicher Ansatz, um die Energiewende, also den nötigen Ausstieg aus fossiler Energie möglichst rasch zu erreichen und gleichzeitig die Gesundheit der Bevölkerung in den Industrieländern zu verbessern.

Es besteht aus drei Schritten:

1. Arbeit, Wohnen, Einkäufe und Freizeitgestaltung so zu organisieren, dass möglichst alle Wege mit dem Fahrrad oder zu Fuß erledigt werden können. Bei weiteren Entfernungen ist die Kombination Rad+Bahn anzustreben. Dafür wurden angepasste Organisationsformen, Logistiken und Lernmaterialien entwickelt (Integriertes Radfahren, MOBILITY-Workshops, Isoemissionswürfel etc.)
2. Die dabei durch Vermeidung des Autos entstehenden Ersparnisse von über 30 Eurocent pro Kilometer werden in die Bereitstellung nachhaltiger Energie (Wind, Photovoltaik etc.) investiert.
3. Da jährlich neue Ersparnisse dazukommen, wird nach einigen Jahren der Punkt erreicht, an dem man so viel nachhaltige Energie bereitstellt, als einem Bürger anteilig am Bruttoenergieverbrauch eines Staats zukommt. Ich nenne das den persönlichen Energiewendepunkt.
Ferner entsteht durch intensiviertes Radfahren ein mehrfacher Gesundheits-Nutzen, der mittels des WHO-tools „HEAT for Cycling“ auch volkswirtschaftlich bewertet werden kann. Sind solche privaten Initiativen abzulehnen, weil sie dem Staat seine ethische Verpflichtung zur Energiewende abnehmen, oder sind sie als zivile Wegbereiter dringend zu verbreiten?

Chancen und Risiken der Solartechnologien

G. Banse

Karlsruhe Institut für Technologie (KIT), Eggenstein-Leopoldshafen

Auf der Grundlage folgender Prämissen werden exemplarisch Chancen und Gefahren (Risiken) der Solartechnologie diskutiert:

1.

Erfolgreiche technikbasierte menschliche Handlungsvollzüge im Sinne ziel- und zweckgerichteter Tätigkeiten sind dadurch charakterisiert, dass

- das angestrebte Ziel erreicht, der angestrebte Zweck realisiert wird (Folgen 1. Ordnung);
- zugleich weitere, nicht angestrebte Folgen, Effekte, Wirkungen eintreten (können);
- im Zeitverlauf sich die Folgen 1. Ordnung wandeln und damit unvorhergesehene, zumeist unerwünschte Folgen, Effekte, Wirkungen eintreten (können), etwa additiver, kumulativer oder synergetischer Art (Folgen 2., 3., ... Ordnung).

Die Konsequenz ist die Notwendigkeit des Umgangs mit (gradueller) Nichtwissen, d.h. ein Handeln unter nicht-eliminierbarer (kognitiver) Unsicherheit.

2.

Folgen können

- unbekannt oder unbekannt (in Beziehung zum gegebenen Wissen) sein;
- beabsichtigt oder unbeabsichtigt (in Beziehung zum gegebenen Ziel) sein;
- vorhersehbar oder nicht-vorhersehbar (in Beziehung zum gegebenen Ziel) sein;
- positiv oder negativ bewertet (in Beziehung zu einer gegebenen Werteskala) werden.

Die Konsequenz ist (auch) die Notwendigkeit, die (gegebene) Werteskala zu explizieren und Präferenzen, Konkurrenzen, Ziel- und Wertkonflikte usw. sichtbar zu machen. Zu berücksichtigen sind vor allem Wirtschaftlichkeit, Langfristigkeit, Umweltverträglichkeit, Sozialverträglichkeit und Verteilungsgerechtigkeit.

3.

Ziele und Zwecke dürfen bei der (rationalen) Begründung und Bewertung von Technologien nicht ausgeblendet werden (wider eine „instrumentelle Vernunft“).

* * *

Die Konferenz wird in dankenswerter Weise unterstützt von
H.M. Heizkörper GmbH und Co. KG, Dingelstädt