



**LEIBNIZ-SOZIETÄT DER WISSENSCHAFTEN ZU  
BERLIN e.V.**

*begründet 1700 als Brandenburgische Sozietät der Wissenschaften*

---

**5. JAHRESTAGUNG 2012**

**ENERGIEWENDE – PRODUKTIVKRAFTENTWICKLUNG  
UND GESELLSCHAFTSVERTRAG**

31. Mai 2012

Universität Potsdam, Campus Griebnitzsee, Haus 1, Hörsaal 10,  
August-Bebelstraße 69, 14482 Potsdam

**PROGRAMM**

**ABSTRACTS**

**THESEN/ EXZERPTE**

## **Programmkomitee:**

K-H. Bernhardt ,MLS<sup>1</sup>  
L-G. Fleischer (Co-Vorsitzender), MLS  
H. Kautzleben ( Co-Vorsitzender), MLS  
L. Kolditz, MLS  
W. Küttler, MLS  
H-J. Rothe, MLS  
M. Thomas, MLS

Das Programmkomitee wurde am 27.10.2011, in der zweiten vorbereitenden Beratung zur 5. Jahreskonferenz 2012, gebildet. Seine angekündigten Zusammenkünfte waren für alle interessierten Mitglieder der Leibniz-Sozietät (MLS) frei zugänglich.

## **Alle Beiträge sind ‚Als Manuskript gedruckt‘**

### **Kontaktadressen der Autoren:**

G. Banse	gerhard.banse@kit.edu
K.-H. Bernhardt	ha.kh.Bernhardt@gmx.de
H. Bunsen	hubig@uv-sachsen.de
G. Flach	post@gha-flach.de
L.-G. Fleischer	fleischer-privat@gmx.de
T. Fleischer	torsten.fleischer@kit.edu
H. Hörz	herbert.hoerz@t-online.de
H. Kautzleben	kautzleben@t-online.de
P. Knoll	prof.knoll@t-online.de
L. Kolditz	Lothar.Kolditz@t-online.de
Chr. Luft	christaluft@versanet.de
N. Mertzsch	mertzsch@t-online.de
L. Minkley	Wolfgang.Minkley@ifg-leipzig.de
H.J. Schellnhuber	schellnhuber@pik-potsdam.de
R. Schimming	rschimming@t-online.de
O. Schwarz	<a href="mailto:schwarz@physik.uni-siegen.de">schwarz@physik.uni-siegen.de</a>
D. Seeliger	dieterseeliger@web.de
M. Thomas	Thomas.Micha@t-online.de

(1 MLS – Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin)

## **Die Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin**

Die Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V. ist eine nach dem klassischen Prinzip der europäischen Akademien wirkende Vereinigung von hervorragenden Natur-, Geistes-, Sozial- und Technikwissenschaftlern. In ihren Traditionen und ihrer personellen Kontinuität geht sie auf die Sozietätsgründung von Gottfried Wilhelm Leibniz aus dem Jahre 1700 zurück, eine der ältesten Wissenschaftseinrichtungen in Deutschland. Sie baut auf eigenständigen Forschungen ihrer Mitglieder auf und bietet ihnen ein Forum des wissenschaftlichen Meinungsaustausches und der Publizität. Zu ihren Grundsätzen gehören politische Unabhängigkeit, weltanschauliche Pluralität, Interdisziplinarität und Internationalität.

Die Sozietät hat in der heutigen deutschen und speziell der Berliner Wissenschaftslandschaft einen besonderen Status. Sie ging aus der Gelehrtensozietät der Akademie der Wissenschaften der DDR hervor und nahm nach der deutschen Vereinigung 1993 die jetzige Rechtsform eines eingetragenen Vereins an. Die Sozietät finanziert sich ausschließlich über Beiträge ihrer Mitglieder und Spenden. Sie wird gefördert und in ihren wissenschaftlichen Aktivitäten unterstützt von der Stiftung der Freunde der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften. Deren Vorsitzender ist Host Klinkmann, Geschäftsführer Bodo Krause.

In der Sozietät sind nahezu alle Fachgebiete der zeitgenössischen Wissenschaft vertreten. Die für Deutschland fast einmalige interdisziplinäre Ausrichtung wird für den wissenschaftlichen Diskurs und die Erörterung aktueller Probleme von Wissenschaft und Gesellschaft genutzt. Die Arbeit erfolgt traditionell im Plenum und in den beiden Klassen für Naturwissenschaften sowie für Geistes- und Sozialwissenschaften, die ihre Sitzungen einmal im Monat abhalten. Im Rahmen der Sozietät sind außerdem Arbeitskreise und Kommissionen tätig, die sich mit speziellen Fragen der wissenschaftlichen Entwicklung befassen (u.a. auf den Gebieten Bildung, Gesellschaftsanalyse, Demographie, Wissenschafts- und Akademiesgeschichte, Erkenntnistheorie und Methodologie der Wissenschaften, Geo-, Montan- und Umweltwissenschaften, Allgemeine Technologie).

Das 2002 auf Initiative der Leibniz-Sozietät gegründete, rechtlich unabhängige Leibniz-Institut für Interdisziplinäre Studien e.V. (LIFIS) befasst sich in Kooperation mit der Sozietät und anderen Institutionen aus Wissenschaft und Praxis mit den Mitteln und Methoden der Inter- und Transdisziplinarität vor allem mit aktuellen Problemen des Zusammenhangs sowie der Entwicklung von Wissenschaft, Wirtschaft, Technologie und Gesellschaft.

In den letzten Jahren haben sich wissenschaftliche Kolloquien und Tagungen zu einem Schwerpunkt in der Tätigkeit der Sozietät entwickelt. Viele von ihnen wurden mit internationaler Beteiligung durchgeführt, beispielsweise die Konferenz „Akademien in Zeiten des Umbruchs“ 2005, die Comenius-Ehrung und die Würdigung von Leonhard Euler im Jahre 2007, die Tagung „50 Jahre bemannte Raumfahrt“ 2011 und die Konferenz „Vom atomaren Patt zu einer atomwaffenfreien Welt“ zum 100. Geburtstag des Physikers Klaus Fuchs 2011. Gemeinsam mit dem Mittelstandsverband Oberhavel ist die Leibniz-Sozietät Träger einer seit 2002 durchgeführten Konferenzreihe zu Aspekten von Toleranz. Hinzuweisen ist auch auf die Veranstaltungsreihen des LIFIS: „Solarzeitalter“, „Nanoscience“, „Sensorsysteme“, „Kognitionstechnologien“ und „Wissenschaft im Kontext“.

Die Leibniz-Sozietät ist im Unterschied zu den in Deutschland meist üblichen Regionalakademien, die nur Mitglieder aus dem Sitzland aufnehmen, überregional und international. Gegenwärtig gehören ihr 310 Mitglieder an, 180 von ihnen sind Natur- und Technikwissenschaftler und 130 Sozial- und Geisteswissenschaftler. Ihre Mitglieder werden nach strengen wissenschaftlichen Kriterien aufgenommen. Die Satzung schreibt vor, dass nur Persönlichkeiten zu Mitgliedern gewählt werden können, die auf ihrem Fachgebiet hervorragende wissenschaftliche Leistungen erbringen.

Präsident der Leibniz-Sozietät ist seit 2012 der Technikphilosoph Gerhard Banse. Dem Präsidium gehören weiter an: der Psychologe Heinz-Jürgen Rothe als Sekretar des Plenums, der Chemiker Dietmar Linke und der Althistoriker Armin Jähne als Vizepräsidenten sowie der Finanzwissenschaftler Ulrich Busch als Schatzmeister. Ehrenpräsident ist der Wissenschaftsphilosoph Herbert Hörz, Altpräsident der Astronom Dieter B. Herrmann. Sekretar der Klasse für Naturwissenschaften ist der Verfahrenstechniker Lutz-Günther Fleischer, Sekretar der

Klasse für Sozial- und Geisteswissenschaften der Romanist Hans-Otto Dill. Über die Mitglieder gibt ein jährlich aktualisiertes Mitgliederverzeichnis Auskunft. Das Präsidium wird in wissenschaftsstrategischen Fragen von einem Wissenschaftlichen Beirat beraten; Kovorsitzende sind der Psychologe Bodo Krause und der Historiker Wolfgang Küttler.

Die wissenschaftlichen Vorträge der Sitzungen und Kolloquien der Leibniz-Sozietät werden vorzugsweise in der Publikationsreihe „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät“ veröffentlicht. In der vom Präsidenten herausgegebenen Reihe sind seit 1994 112 Bände erschienen. Als weitere Reihe gibt die Sozietät die „Abhandlungen der Leibniz-Sozietät“ heraus, von der bisher 28 Bände erschienen sind. Ein weiteres Publikationsorgan ist das Mitteilungsblatt „Leibniz intern“, das über das Geschehen in der Sozietät informiert.

Informationen zur Leibniz-Sozietät und ihrem Wirken sowie die online-Zeitschrift „Leibniz-Online“ und eine digitalisierte Version aller bisher erschienenen Sitzungsberichte finden sich auf der Homepage der Sozietät unter >> <http://www.leibniz-sozietat.de/> <

Gerhard Banse

Präsident

Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e. V.

Langenbeck-Virchow-Haus

Luisenstr. 58/59

10117 Berlin

<http://www.leibniz-sozietat.de>

e-mail: [post@leibniz-sozietat.de](mailto:post@leibniz-sozietat.de)

## 5.Jahreskonferenz der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin

### Energiewende–Produktivkraftentwicklung und Gesellschaftsvertrag

31. Mai 2012, Universität Potsdam, Standort Griebnitzsee,  
Haus 1, Hörsaal 10, August-Bebel-Str. 89, 14482 Potsdam, ,

---

## PROGRAMM

10.00 -10.20 Uhr

### **Begrüßung-**

Präsident der Leibniz-Sozietät

### **Grußwort**

Landesregierung Brandenburg

### **Moderation:**

*Lothar Kolditz, MLS*

10.20 - 10.40 Uhr

### **Die Energiewende – ein komplexer gesellschaftlicher Transformationsprozess mit konkurrierenden Zielen, Prozessen und Strategien**

Lutz-Günther Fleischer, MLS

10.40 - 11.00 Uhr

### **Die menschliche Zivilisation und das globale Energiegleichgewicht**

Oliver Schwarz, MLS

11.00 - 11.20 Uhr

### **Zur Energiewende in Deutschland – Aus der Sicht der Geowissenschaften**

Heinz Kautzleben, MLS

11.20 - 11.35 Uhr

**Diskussion**

11.35 - 12.00 Uhr

**Kaffeepause**

**Moderation:**

*Wolfgang Küttler, MLS*

12.00 - 12.20 Uhr

**Der gelingende Einstieg in die Energiewende  
und den sozialökologischen Umbau als  
Voraussetzung einer „Großen Transformation“**

Michael Thomas, MLS

12.20 - 12.40 Uhr

–

**Wandel des Systems der Elektrizitätsversorgung  
Was Bürger darüber denken und dazu erwarten**

Torsten Fleischer

Institut für Technikfolgenabschätzung und  
Systemanalyse (ITAS), Karlsruher Institut für  
Technologie (KIT)

12.40 - 13.00 Uhr

**Herausforderungen und Chancen der Energie-  
wende für kleine und mittelständige**

**Unternehmen**

Hartmut Bunsen

Präsident des Unternehmerverbandes Sachsen e.V.

13.00 - 13.15 Uhr

**Diskussion**

13.15 - 14.00 Uhr

**Mittagspause**

**Moderation:**

*Heinz Kautzleben, MLS*

14.00 - 14.20 Uhr

**Zum Integritätsverhalten von Salinarbarrieren**

Wolfgang Minkley, *MLS*

14.20 - 14.40 Uhr

**Rückbau des Kernkraftwerkes Rheinsberg als  
Beispiel für den Rückbau von Kernkraftwerken**

Norbert Mertzsch

Verein Brandenburgischer Ingenieure und  
Wirtschaftler e.V. VBIW

14.40 - 14.55 Uhr

**Diskussion**

14.55 - 15.20 Uhr

**Kaffeepause**

**Moderation:**

*Herbert Hörz, MLS*

15.20 - 15.40 Uhr

**Kann Kernfusion die Bedarfslücke an Elektro-  
energie im XXI. Jahrhundert umweltverträglich  
schließen?**

Dieter Seeliger, *MLS*

15.40 - 16.00 Uhr

**Quo vadis Kernenergie**

Günter Flach, *MLS*

16.00 - 16.20 Uhr

**Die Globalen Probleme-Herausforderungen  
und Lösungsmöglichkeiten**

Rainer Schimming , *MLS*

Hans Joachim Schellnhuber, *MLS*

16.20 - 16.35 Uhr

**Diskussion**

16.35 - 16.45 Uhr

**Abschluss der Jahreskonferenz**

# ABSTRACTS

## **Die Energiewende - ein komplexer gesellschaftlicher Transformationsprozess mit konkurrierenden Zielen, Prozessen und Strategien**

Abstract

**Lutz-Günther Fleischer, MLS**

In dem Beitrag werden die Hauptinhalte des komplexen, gesamtgesellschaftlichen Transformationsprozesses ‚Energiewende in Deutschland‘ in seinen hauptsächlichen Kontexten umrissen, besonders das Wesen, die Verlaufsformen, Instrumentarien und Realisierungsbedingungen der immanenten Teilprozesse skizziert sowie konkurrierende Erwartungen an das zukünftige Energiesystem -mit seinem *strukturellen/funktionellen Kern*: der *Elektroenergieerzeugung/Anwendung* - und absehbare, bzw. wahrscheinliche widersprüchliche Folgen erörtert.

Der mitnichten neue Begriff der *Energiewende* in Deutschland wird gegenwärtig in Verlautbarungen und Streitgesprächen als *Chiffre* gebraucht, bewusst verkürzt oder gar widersprüchlich – generell zumindest sehr heterogen - benutzt. Ihn gilt es im Inhalt und Umfang wesen- und sachgerecht zu charakterisieren und zu begreifen. Dazu gehören in unserem Land – einer führenden Industrienation mit einer leistungsstarken Energetik und bereits hochentwickelten Energiewirtschaft sowie einem ausgezeichneten technologischen Niveau in vielen Schlüsselbereichen - Cluster von (wesensgemäß zudem zumindest partiell konkurrierenden) Zielen - auch Zielkonflikten - Netzwerke von Steuerungssystemen, Maßnahmen und abzustimmenden Handlungen.

Multikausal ausgelöst und im schöpferischen Verbund zukunftsfähig zu bewältigen sind so, außer dem - in Auseinandersetzungen unablässig exponierten - vollständigen *Ausstieg* aus der *Kernenergetik*, der im *Energiemix* präferierte Einsatz *erneuerbarer Energieträger* (Einkommensenergieträger), deutlich zu steigende *Effektivitäten* (Wirkungsvektoren) und *Effizienzen* (Wirkungsgrade) bei der Bereitstellung, der Wandlung, der Verteilung und dem Einsatz der Energie, punktuell aber auch bedeutsame *Energie-Einsparungen* vor allem von Elektroenergie. Die gegensätzlichen Kostenentwicklungen für Vermögensenergieträger, wie Erdöl, Gas und Kohle sowie die prosperierenden Einkommensenergieträger fungieren als einflussreiche technisch-ökonomische Regulatoren der Energiewende. Die unbestritten *qualitativ herausragende* Erzeugung und rationelle Nutzung von *Elektroenergie* ist wesensgemäß und in mannigfaltiger Weise: in prägenden naturgesetzlichen Kausalitäten und in der Vielfalt der, die komplexe Gesamtheit betreffenden, Gestaltungsmöglichkeiten, mit anderen Energieanteilen(arten) (insbesondere thermischer, mechanischer und chemischer Energie sowie elektromagnetischer Strahlung) und mit leistungsstarken technischen sowie technologischen Prozessen und Systemen verflochten. Unter dem Signum der Energiewende ist demgemäß eine isolierte oder gar undialektisch verabsolutierende Betrachtung und Behandlung der Elektroenergetik nicht zureichend, u.U. sogar missweisend.

Meine fundamentalen Thesen lauten:

1) Die Anzahl und das ‚Gewicht‘ der für den Umbau, die neuen Strukturen und die Ausgestaltung des Energiesystems sowie die Versorgungssicherheit notwendigerweise zu lösenden, praktisch aber *offenen, wissenschaftlich-technischen, ökologischen, ökonomischen und sozialen Probleme* überwiegt jene, für die unter verschiedenen Erkenntnisperspektiven und Bewertungskriterien bereits akzeptable – obwohl nicht in jedem Fall auch wirtschaftliche und sozialverträgliche - Lösungen verfügbar sind.

Eine Vielzahl wesentlicher innovativer Gestaltungsmittel existiert bisher nur als *prospektive Potenz*. Die außergewöhnlich hohen (derzeit außerdem nicht verursachergerecht und demgemäß sozial weiter disproportionierend ‚verteilten‘) Kosten sowie andere obligate materielle



und immaterielle gesellschaftliche Aufwendungen für die Realisation dieser (komplementären, auch alternativen) Entwicklungsmöglichkeiten sind nur mit großen Unschärfen kalkulierbar.

2) Dynamische, dennoch ausreichend *geschlossene* und *konsensuale* Konzepte zur problembewussten, weitsichtigen *Planung* und vertrauenswürdigen *Führung* sowie Organisationsmodelle zum umfassenden und zuverlässigen *Management* dieses - nach Meinung einiger Protagonisten revolutionären - Transformationsprozesses zur *anzustrebenden nachhaltigen Gesellschaft* mit einem dazu adäquaten Energiesystem sind nur in Ansätzen vorhanden, und noch erheblich entwicklungsbedürftig. Das beginnt bei der – auf umfassenderem Wissen um gerechtfertigte Ziele und Zwecke (Orientierungswissen) in einem reflektierenden Verhältnis aufzubauenden – breiteren Akzeptanz des länger währenden, kooperativen qualitativen Wandels und verlangt ihn befördernde, frühzeitige soziale Interaktionen zwischen den Akteuren und den vornehmlich Betroffenen.

Die ‚Energiewende‘ ist gegenwärtig noch immer weit mehr politische Intension und leitmotivisch kolportierte Idee als schlüssig strukturiertes und sachgerecht koordiniertes, handlungsstimulierendes, zukunftsfähiges Innovationsprogramm mit essentiellen Interventionen.

---

## **Die menschliche Zivilisation und das Energiegleichgewicht**

**Oliver Schwarz, MLS**

Der anthropogene Energieumsatz kann einige grundsätzliche Limits, die durch die Physik des Planeten Erde vorgegeben sind, nicht überschreiten. Um Strukturen - welcher Art auch immer - herauszubilden und um technische Prozesse durch Betreiben von Wärmekraftmaschinen zu sichern, müssen wir einen beständigen Energieentwertungsprozess aufrecht erhalten, bei dem Wärme strömt und schlussendlich in die Umgebung unseres Heimatplaneten abgegeben wird. Aus globaler Sicht muss die zivilisatorische Energieentwertung zwei Hauptforderungen erfüllen:

Sie hat so zu erfolgen, dass die natürlich vorhandenen Energie- und Stoffströme (etwa die planetare Wärmediffusion) durch zivilisatorische Prozesse nicht beeinflusst werden und sie muss stets so limitiert bleiben, dass das planetare Wärmestrahlungsgleichgewicht nicht verschoben wird. Wir müssen unsere zivilisatorische Energiebilanz also letztlich immer in der planetaren Bilanz „verstecken“.

Völlig unabhängig vom gegenwärtig besonders intensiv diskutierten anthropogenen Treibhauseffekt resultieren aus dieser Forderung Wachstumsgrenzen für den Energie- und Leistungsumsatz der Menschheit, die völlig unabhängig davon sind, ob es sich bei den eingesetzten Energieträgern um sogenannte deponierte (fossile) oder regenerative Formen handelt.

Während „klassische“ Energieträger wie Öl, Kohle und Kernkraft einen zusätzlichen Energieeintrag in die Geosysteme hinein generieren, wird bei regenerativen Nutzungsvarianten Energie aus dem natürlichen Fluss innerhalb der Geosysteme abgezweigt. Beide Formen der Energiebereitstellung können daher nur bis an gewisse Grenzen ausgebaut werden, deren Größenordnung aus einfachen thermodynamischen Berechnungen folgt - abgesehen davon, dass einige fossile Energieträger ohnehin in wenigen Jahrzehnten erschöpft sein werden. Als tiefgreifendes Problem der regenerativen Energienutzung erweist sich ihr hoher Flächenbedarf.

## **Zur Energiewende in Deutschland – Aus der Sicht der Geowissenschaften**

**Heinz Kautzleben, MLS**

Die so genannte Energiewende in Deutschland ist ein Experiment im Maßstab einer ganzen Volkswirtschaft, das über mehrere Jahrzehnte laufen wird, von dem einige Generationen betroffen werden und dessen Ergebnisse erst in Zukunft beurteilt werden können. Sie wird im deutschen Alleingang vorangetrieben, obwohl die deutsche Volkswirtschaft eng in die Weltwirtschaft eingebunden und von deren Entwicklung abhängig ist. Über die ständig erforderliche Steigerung der Energieeffizienz hinaus sind für die deutsche Energiewende speziell kennzeichnend die politischen Entscheidungen zum sofortigen Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie und zum beschleunigten Übergang zur weitestgehenden Nutzung der sog. erneuerbaren Energien. Die hastig getroffenen Entscheidungen sind verständlich, wenn man die Entwicklung der Energiewirtschaft als Schlachtfeld im Kampf um die politische Macht begreift.

Deutschland ist ein leistungsfähiges modernes Industrieland. Charakteristisch sind: die hoch entwickelte Industriegesellschaft; die wohlhabende, anspruchsvolle, aber zunehmend verunsicherte Bevölkerung mit einer hohen Siedlungsdichte; das relativ kleine Territorium in einer ansonsten geographisch und klimatisch günstigen Lage; keine noch ungenutzten Flächen im Staatsgebiet mehr; die einheimischen natürlichen Ressourcen sind schon weitgehend ausgeschöpft.

Die Energiewirtschaft in Deutschland ist seit Jahrzehnten hoch entwickelt, sie ist außerordentlich leistungsfähig, deckt den Bedarf in Deutschland vollständig und kann darüber hinaus noch Nutzenergie exportieren. Sie ist jedoch in hohem Maße auf den Import von primären Energieträgern angewiesen. Für den bedarfsgerechten Import gibt es bisher weder finanziell noch politisch wesentliche Hindernisse. Anstrengungen sind erforderlich, um im wachsenden internationalen Wettbewerb um die primären Energieträger bestehen zu können.

Weltweit zeichnet sich ab, dass das Angebot erweitert wird. Als Folge der permanenten Steigerung der Energiepreise werden bisher noch nicht oder nur unvollkommen genutzte Lagerstätten von Erdöl und Erdgas in die Nutzung einbezogen und durch die erfolgreiche Entwicklung von neuen Technologien die sog. unkonventionellen Vorkommen von Energierohstoffen erschlossen und ausgebeutet.

Die Basis der deutschen Energiewirtschaft sind bisher die sog. fossilen Energieträger Erdöl, Erdgas, Steinkohle und Braunkohle sowie die Kernenergie. Ausgiebig genutzt wird die Wasserkraft, stark im Kommen ist die Nutzung der Windkraft. Trotz hoher Förderung ist die direkte Nutzung der Sonnenstrahlung – Solarwärme, Photovoltaik – noch nicht wettbewerbsfähig. Die Geothermie stößt auf Nutzungskonflikte. Die energetische Nutzung der Biomasse stößt auf zum Teil erhebliche Widerstände in der Bevölkerung. Generell sind die naturbedingten Grenzen für die Nutzung der sog. erneuerbaren Energien in Deutschland (Flächenbedarf, zeitliche Variabilität u. ä.) bereits absehbar.

Die Energiewirtschaft in Deutschland bedarf auch weiterhin aus objektiven Gründen der gesamtstaatlichen Steuerung, was im Einzelnen erläutert werden soll.

### **Der gelingende Einstieg in die Energiewende und den sozialökologischen Umbau als Voraussetzung einer „Großen Transformation“**

**Michael Thomas, MLS**

Alle Zeichen scheinen auf „Energiewende“ zu stehen; gerade in Deutschland greifen ein diesbezüglicher Konsens und übergreifendes politisches Leitmotiv seit der Katastrophe

von Fukushima. Appellativ gefordert oder konkret ausgearbeitet wurde bzw. wird eine „Große Transformation“ (WGBU), ein Ausstieg aus einem zerstörerischen, auf Wachstum und Energieausbeutung basierenden „Weltuntergangsmo­dell“ (Beck). Ökonomisch, technologisch und finanztechnisch scheint eine solche Wende, scheint der Ausstieg prinzipiell machbar.

Energiewende und „Grenzen des Wachstums“ hängen zusammen, es geht nicht nur um andere Energien, ebenso erforderlich sind Einsparen, Vermeiden. Gesucht wird neben dem Kraftwerk für erneuerbare Energien vor allen ein „Einsparkraftwerk“ (Michael Müller). Es sind die zerstörerischen Einseitigkeiten eines umfassenden und für moderne Gesellschaften gleichsam bestimmenden Wachstumsmodelles, in denen *Notwendigkeit* wie *Unmöglichkeit* der Energiewende liegen. Die Fortsetzung eines Wachstumsmodells, in dem Gewinnmaximierung und betriebswirtschaftliche Kalküle verselbständigte Treiber sind, *erzwingt* gleichsam Energieverschleuderung. Es geht um ein prinzipiell verändertes Mensch(Gesellschaft)-Natur-Verhältnis.

Wenn Transformation den erforderlichen Pfadwechsel beschreiben soll, dann rücken Fragen nach der Transformationsfähigkeit von Gesellschaften und nach dem Beginn der Transformation ins Zentrum. Die Frage geht vom Warum? Oder Ob? Also zum Wann? Oder Wie? von Transformation. Der scheinbare politische Konsens und die Machbarkeit einer solchen gesellschaftlichen Wende (eines „neuen Gesellschaftsvertrages“) können nicht darüber hinweg täuschen, dass deren Umsetzung schwierig ist und zudem alternative Wege möglich sind. Es sind die konkreten politischen und vor allem auch die sozialen, die kulturellen Bedingungen, welche Energiewende wie umfassender den sozialökologischen Umbau blockiert. Das betrifft nicht nur deren Voraussetzungen, sondern insgesamt deren Durchsetzung.

Zu den Voraussetzungen gehört, dass die Energiewende nicht ohne soziale Beteiligung und demokratische Partizipation machbar ist; darauf weisen viele der politischen Proteste hin, die sich an Großprojekten, Kosten etc. entzünden. Die Transformationsfähigkeit einer Gesellschaft bestimmt sich nach Beteiligung, Partizipation etc. Dies ist die eine Perspektive. Die Energiewende kann allerdings auch so betrieben werden, dass sich die Gesellschaft weiter spaltet und nur die großen Konzerne Nutznießer sind, während die Masse der Bevölkerung die Kosten des Umbaus trägt; das wäre die andere Perspektive. Und eine Vielzahl praktizierter Großlösungen folgt diesem Weg – ein Wechsel der Energiesysteme scheint möglich, nicht aber eine Transformation der Gesellschaft (oder nur deren restaurative Transformation). Eine solche Energiewende würde weitgehend das Wachstumsmodell fortsetzen, wäre nur zum geringsten Teil mit einem sozialökologischen Pfadwechsel verbunden. Das Wie ist entscheidend (H. Scheer).

Die Energiewende kann aber auch soziale Teilhabe ausbauen und demokratische Partizipation ermöglichen, mit denen sich ihre gesellschaftlichen Durchsetzungsbedingungen erheblich verbessern bzw. selbst verstärken würden. Mit einer primär dezentralen und stärker lokalen Energiewende werden einerseits die ökonomischen und technologischen Potenziale eines erforderlichen Wandels geschaffen (Stichworte: Bioenergiedörfer, Bürgerkraftwerke), andererseits liegen hier enorme evolutionäre Potenziale. Im Erfahren eigener Gestaltung und eines direkten Nutzens der Energiewende, in so möglicher Änderung von Lebenswelt oder Lebensweise liegen Chancen für einen *kulturellen Wandel*. Erforderlich ist eine Fülle von experimentellen Suchprozessen, von Aus- und Aufbrüchen. Festgefahrene Gewohnheiten, institutionelle Routinen und die mit einem spezifischen Wirtschafts- und Gesellschaftsmodell verankerten Interessen lassen sich nicht einfach aushebeln. Der praktischen Teilhabe an Projekten und Initiativen kommt im Sinn einer Selbstermächtigung, Emanzipation der Bevölkerung, der Zivilgesellschaft und der anderen beteiligten Akteure Bedeutung zu.

In einer lokal und dezentral betriebenen Energiewende sind nicht nur die heute schon möglichen Einstiege, Einstiegsprojekte zu sehen, sondern gerade auch die Chancen für einen gesellschaftlichen Pfadwechsel. Insofern könnte der Beginn zum Ansatz für ein Gelingen werden, also die Antwort auf das „Wie?“ wird zu der eines „Ob überhaupt?“. Der Beitrag soll entsprechende Erfahrungen und Projekte diskutieren.

## **Wandel des Systems der Elektrizitätsversorgung – Was Bürger darüber denken und dazu erwarten**

**Torsten Fleischer**

*Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*

Vorstellungen und Erwartungen hinsichtlich des zukünftigen Systems der Elektrizitätsversorgung sind schon seit langem Gegenstand wissenschaftlicher, politischer und auch öffentlicher Auseinandersetzungen. In der Vergangenheit konzentrierte sich dabei die Diskussion auf Vor- und Nachteile unterschiedlicher Formen der Erzeugung elektrischer Energie (man denke dabei nur an die Kontroversen um die Rolle der Kernenergie, die einen der lang andauerndsten Technikkonflikte in Deutschland überhaupt begleiteten, oder die unterschiedlichen Einschätzungen der Potentiale der Erneuerbaren). Nach den in der Folge der Nuklearunfälle in Fukushima getroffenen Beschlüssen des Bundestages und der Bundesregierung zu einem Wandel der deutschen Energiepolitik sind diese Fragen erneut auf die Tagesordnung getreten, allerdings verbunden mit einer zusätzlichen Herausforderung: Technisch machbare und sozial akzeptierte Wege einer Transformation der deutschen Elektrizitätsversorgung zu entwerfen und Instrumente zu ihrer Umsetzung zu entwickeln.

Im Zuge dieses Prozesses sind durch Wissenschaft und Politik auch neue Verfahren der Diskussion mit Bürgern angeregt und teilweise umgesetzt worden. Diese sollen unter anderem dazu dienen, in der allgemeinen Öffentlichkeit vorzufindende Positionen und Erwartungen zu erheben, Nutzen und Risiken unterschiedlicher Ansätze mit Bürgern zu besprechen sowie deren Rückmeldungen zu politischen Vorhaben einzuholen. Auf diesem Wege sollen politische Entscheidungen besser informiert erfolgen und – so der Anspruch mancher – Bürger stärker an politischen Prozessen beteiligt werden. Der Vortrag stellt die Vorgehensweise in einem dieser Vorhaben vor und diskutiert Stärken und Schwächen des Verfahrens. Darüber hinaus werden ausgewählte Ergebnisse präsentiert und Herausforderungen bei deren Umsetzung skizziert.

### **Herausforderungen und Chancen der Energiewende für kleine und mittelständische Unternehmen**

**Hartmut Bunsen**

*Präsident des Unternehmensverbands Sachsen e. V.*

*Sprecher der Interessengemeinschaft der Unternehmensverbände Ostdeutschlands und Berlin*

Die Energiewende ist von der Bundesregierung beschlossen und bis 2022 sollen in Deutschland alle Atomkraftwerke abgeschaltet werden.

Dadurch ergeben sich klare Forderungen an Politik, Energiewirtschaft und Wissenschaft, welche Gesetze beschlossen und welche Investitionen und Forschungsleistungen erbracht werden müssen, um dieses hochgesteckte Ziel zu erreichen.

Aber auch Wirtschaft und Mittelstand müssen sich der Frage stellen:

Wie kann der Energieeinsatz durch intelligente Verfahren und Technologien radikal gesenkt werden?

Im Zuge der Umsetzung der Energiewende bekommt der deutsche Forscher- und Entwicklergeist die Chance sich zu beweisen, um neue visionäre und innovative Technologien zu entwickeln, wie man einen flexiblen Mix aus bestehenden und erneuerbaren Energieträgern erreichen kann.

Auf der einen Seite müssen wir verhindern, dass die Belastungen aus der Energiewende schwerpunktmäßig die kleinen und mittelständischen Unternehmen in den neuen Bundesländern treffen, weil die Investitionen in die notwendigen Netze dort auf die Energiekosten umgelegt werden, wo sie anfallen und das sind die Bundesländer im Osten Deutschlands.

Andererseits haben die kleine und mittelständische Unternehmen den Vorteil, dass sie bei Veränderungs- und Wandlungsprozessen in diesen Größenordnungen viel flexibler und schneller agieren können als große Konzerne, da sie risikobereiter sind, um weiterhin auf den bereits vorhandenen und auf den sich neu entwickelnden Märkten zu bestehen und um ge-

gebenenfalls daraus profitieren zu können.

Neuigkeiten und Stellungnahmen von Vertretern aus Politik, Wirtschaft und Energiewirtschaft zu diesen Themenschwerpunkten aus dem 1. Ostdeutschen Energieforum werden im Vortrag mit eingebunden, denn die Auswirkungen der Energiewende im Bezug auf Versorgungssicherheit, Planungssicherheit und Kostensicherheit und die Voraussetzungen ihrer Umsetzung speziell für den Netzausbau, Speicherung und dem Bau neuer fossiler Kraftwerke und das alles unter dem Gesichtspunkt von Wirtschaftlichkeit, Klimaschutz und Ressourceneffizienz wird in den nächsten Jahren die Entwicklung und die Wettbewerbsfähigkeit in Deutschland entscheidend bestimmen.

## **Zum Integritätsverhalten von Salinarbarrieren**

**Wolfgang Minkley, MLS**

Für chemotoxischen und radioaktiven Abfall wird in Deutschland die Entsorgung in tiefen geologischen Formationen mit vollständigem Einschluss angestrebt. Zielstellung dabei ist, die Abfallstoffe möglichst nachsorgefrei und dauerhaft von der Biosphäre fernzuhalten, ein Sicherheitsanspruch, den zuverlässig nur ein geologisches System gewährleisten kann. Das entscheidende Sicherungsglied stellen dabei die geologischen Barrieren dar. Die Geomechanik hat die Aufgabe nachzuweisen, dass die mechanische und hydraulische Integrität der geologischen Barrieren unter den gegebenen geogenen und anthropogenen Randbedingungen im Langzeitprozess dauerhaft erhalten bleiben.

Hierbei kann in Deutschland auf die praktischen Erfahrungen eines 150-jährigen Kali- und Steinsalzbergbaus und auf Erkenntnisse, die aus Fehleinschätzungen zu ziehen sind, zurückgegriffen werden. Die Geschichte des Kali- und Salzbergbaus ist von einer Reihe von Fällen begleitet, wo Gruben aufgegeben werden mussten und ersoffen sind, z. T. mit spektakulären Tagesbrüchen. Ursache für diese Versagensfälle war eine nicht ausreichende geologische Barriere bei der intensiven mineralischen Nutzung der Lagerstätten.

Um den Vorteil bei der Endlagerung im Salz nutzen zu können, sind die Barrieren in ihrer Mächtigkeit so zu dimensionieren, dass ein vollständiger Einschluss gelingt. Dies erfordert, dass in einer ausreichend mächtigen Steinsalzschiefer, dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich, unter den konvergenzinduzierten thermomechanischen Beanspruchungen weder die Dilatanzgrenze überschritten noch die minimale Einspannung im umgebenden Gebirge unter den in Grundwasserleitern anstehenden Fluiddruck abfallen darf.

Bei dem in der Bundesrepublik Deutschland gegebenen geologischen Untergrund ist Steinsalz als Wirtsgestein zur Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle, wegen des in Salzformationen realisierbaren vollständigen Einschlusses, aus geomechanischer Sicht zu präferieren. Dabei ist die flache Salzablagerung als Alternative für die steile Lagerung zur Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle in Betracht zu ziehen, da sie ein einfaches robustes geologisches Mehrbarrierensystem darstellt.

Im Beitrag wird am Beispiel praktischer Erfahrungen aus dem Kalibergbau und der geomechanischen Forschung zur Endlagerung das Integritätsverhalten von Salinarbarrieren unter statischen, dynamischen sowie thermomechanischen Beanspruchungen infolge wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle vorgestellt.

## **Rückbau des Kernkraftwerkes Rheinsberg als Beispiel für den Rückbau von Kernkraftwerken**

**NORBERT MERTZSCH**

Verein Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler e.V

Durch die Energiewerke Nord GmbH (EWN) als Rechtsnachfolger des ehemaligen Kombinats Kernkraftwerke "Bruno Leuschner" werden die im Jahr 1990 abgeschalteten Kernkraftwerke Greifswald (KGR) im Land Mecklenburg-Vorpommern und Rheinsberg (KKR) im Land Brandenburg stillgelegt und abgebaut.

Nach einer kurzen Einführung zu Bau, Betrieb und Außerbetriebnahme des KKW Rheinsberg wird das gewählte Stilllegungskonzept an Hand des Ablaufs der Stilllegung und des Rückbaus erläutert.

Dieses sieht den sofortigen schrittweisen Abbau der Kraftwerksanlage vor, um die vorhandenen funktionstüchtigen technischen Einrichtungen und das ebenfalls vorhandene sachkundige und durch Betrieb, Instandhaltung und Rekonstruktion erfahrene Personal zu nutzen. Dabei liefen zeitweise der Nachbetrieb mit der Entsorgung von Betriebsabfällen und Kernbrennstoff parallel zum Abbau der Anlage.

Auf Besonderheiten des KKW Rheinsberg, die für den Rückbau relevant sind, wie den langjährigen Betrieb einer Heiße Zelle, in der bestrahlte Brennstoffkassetten und Absorber von Regelkassetten zerlegt wurden, sowie dem Betrieb eines als Endlager konzipierten und betriebenen Lagers für feste und flüssige radioaktive Betriebsabfälle wird eingegangen.

Auf die für den Abbau der Anlage und den Rückbau der Gebäude angewandten Technologien wird eingegangen.

Ein Ausblick auf die Weiterführung der Stilllegungsarbeiten wird gegeben.

## **Kann Kernfusion die Bedarfslücke an Elektroenergie im XXI. Jahrhundert umweltverträglich schließen?**

**Dieter Seeliger, MLS**

Die gesteuerte Kernfusion bietet prinzipiell einen alternativen Weg der nuklearen Energiegewinnung zu der bisher praktizierten Kernspaltung. Beide Verfahren beruhen bekanntlich auf dem Massendefekt, der mit Kernumwandlungen verbunden ist und zur Energiefreisetzung führt. Ungeachtet dieser Gemeinsamkeit weisen Kernfusion und Kernspaltung hinsichtlich solcher Parameter wie

- Energiedichte und Art der Energiefreisetzung
- Verfügbarkeit von Brennstoffen
- Bedingungen für den Ablauf makroskopischer, selbsterhaltender Reaktionen
- Auswirkungen auf die Umwelt erhebliche Unterschiede auf, die trotz enormer Aufwendungen für Forschung und Entwicklung die praktische Anwendung der Kernfusion zur Elektroenergieerzeugung bisher noch nicht ermöglichten.

Dennoch wurden und werden weiterhin international beträchtliche Anstrengungen unternommen, um technische Lösungen für die wirtschaftliche und nachhaltige Energiegewinnung auf dieser Basis zu entwickeln. Der dabei erreichte Stand wird für die verschiedenen Wirkprinzipien der gesteuerten Kernfusion anhand ausgewählter aktueller Projekte beispielhaft beleuchtet:

- Prinzip der Magnethalterung (Tokamak: JET, ITER, Stellarator: W 7-X)
- Prinzip der Trägheitshalterung (Laserfusion: NIF, Röntgenfusion: Z-Maschine, Schockwellenfusion: MF)
- Alternative Verfahren

Der Beitrag schließt mit dem Versuch, Antworten auf einige aktuelle Fragen in diesem Zusammenhang zu finden: Ab wann könnten diese Verfahren eine praktische Rolle bei der

Energieversorgung spielen? Kann Kernfusion bei der heutigen Diskussion über Energiestrategien der Zukunft vernachlässigt, oder gar gestrichen werden?

Welche Forderungen sind an die nationale Energiestrategie aus Sicht einer optimalen Balance zwischen Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit, Umweltverträglichkeit und Mitgestaltung des internationalen wissenschaftlichen und technologischen Fortschritts zu stellen?

Ist der in Deutschland beschlossene Ausstieg aus der Nutzung von Kernspaltungsreaktoren der zweiten Generation zwangsläufig gleichbedeutend mit vollständigem Verzicht auf die Nutzung von Kernumwandlungen zur Energiegewinnung in der Zukunft?

Wie könnten optimierte nachhaltige Energieversorgungssysteme auf Basis von regenerativen und nuklearen Energieträgern in der Zukunft aussehen?

## **Quo vadis Kernenergie**

**Günter Flach, MLS**

Im Beitrag wird die bisherige Entwicklung der Kernenergienutzung analysiert. Die Konzentration auf immer größere Druck- und Siedewasserreaktoren hat wegen vordergründiger Orientierung auf höchste Wirtschaftlichkeit die Entwicklung von inhärent sicheren Reaktorsystemen in den Hintergrund gedrängt. Auch Reaktoren kleinerer Leistung mit passiven Kühlsystemen spielten kaum eine Rolle. Die Resultate dieser Entwicklung kann man besonders deutlich in Deutschland erkennen:

1. Der nicht absolut ausschließbare Störfall mit Kernschmelze führt trotz beträchtlicher Bemühungen um eine hohe Sicherheit zu Ängsten in weiten Kreisen der Bevölkerung.

2. Da thermische Reaktoren für die Spaltung U235 benötigen, ist wegen dessen geringen Anteils am Natururan (0.7%) die Beschränkung auf diese Art der Kernenergie tatsächlich nur eine Brückentechnologie.

3. Die Entsorgung der abgebrannten Brennelemente ist problematisch, weil diese langlebige radioaktive Komponenten mit Halbwertszeiten  $> 10^5$  a enthalten. In mehreren Ländern werden heute neue Druck- und Siedewasserreaktoren der sogenannten Generation III (u.a. mit Core-Catcher, also mit Verhinderung des Eindringens von Kernschmelze in die Umgebung) errichtet, damit wird aber nur das Problem der Sicherheit weiter entschärft.

Seit etwa 2000 hat ein Prozess des Umdenkens eingesetzt, der sich in den Vereinbarungen zum sogenannten

Generation IV International Forum (GIF) mit dem Ziel manifestiert, gemeinsam nukleare Systeme der IV. Generation zu entwickeln. Die Ziele beinhalten unter anderem:

1. Erschließung der gesamten Uranvorkommen über Brutreaktoren und des weiteren der Thoriumvorkommen für eine langfristige, stabile Energieversorgung durch Kernenergie.

2. Übergang zu inhärent sicheren Systemen und die Ausweitung auf kleinere Reaktoren mit passiver Kühlung im Bereich bis 100MWel sowie den Einsatz der Kernenergie auch für die Bereitstellung von Prozess- und Niedertemperaturwärme.

3. Einbau der Transmutation in die geschlossenen Kernbrennstoffkreisläufe, um die Entsorgung der radioaktiven Rückstände auf Zeiträume unter 800 Jahre zu beschränken.

Es folgt ein Überblick über die neuen Reaktortypen und eine Erläuterung zu den Prozessen der Transmutation.

Nur auf dem von GIF vorgezeichneten Wege ist eine langfristig akzeptable Nutzung von Kernenergie möglich und wegen ihrer Vorteile (enorm hohe Energiedichten und bedarfsgerechte Leistungsbereitstellung) auch unverzichtbar.

Die Menschheit muss den Widerspruch zwischen ihrem quantitativen und qualitativen Wachstum und dem Erhalt ihrer natürlichen Umgebung lösen. Dies ist nur auf der Grundlage einer soliden energetischen Basis möglich, die ohne eine kernenergetische Komponente aus heutiger Sicht nicht vorstellbar ist

## **Die Globalen Probleme – Herausforderungen und Lösungsmöglichkeiten**

**Rainer Schimming, MLS**

**Hans Joachim Schellnhuber, MLS**

Als Globales Problem bezeichnen wir hier ein Umweltproblem in einem weiten Sinn, welches planetar, langfristig und existenziell für die Menschheit ist. Eine Reihe von um die Zukunft besorgten Autoren haben Problemlisten angelegt, wobei sie auch politische und soziale Aspekte berücksichtigen. Wir diskutieren solche Ansätze und betrachten zusätzlich eine eigene Liste Globaler Probleme. Es handelt sich, in Kurzform, um Überbevölkerung, Ressourcenverknappung (einschließlich Energieknappheit), Umweltschädigung und Klimaprobleme. Sie betreffen eine Krise des Erdsystems, welches aus der Geosphäre (mit den bekannten "Untersphären"), der Biosphäre und der Anthroposphäre zusammengesetzt ist.

Das System Erde wird oft mit einem Organismus verglichen; die Globalen Probleme sind in dieser Auffassung Störungen des Metabolismus. J. Lovelock, der sich unter anderem auf V. I. Vernadskij beruft, sieht das System aus Geosphäre und Biosphäre als ein Lebewesen. Dieses, Gaia genannt, wird durch den Menschen aus dem Gleichgewicht gebracht.

Systemgrenzen in diesem Kontext werden von Rockström, Schellnhuber et al. als Planetary Boundaries bezeichnet und genauer abgesteckt.



# THESEN/ EXZERPTE

## **Die Energiewende - ein komplexer gesellschaftlicher Transformationsprozess mit konkurrierenden Zielen, Prozessen und Strategien**

Exzerpt zum titelgleichen Abstract

Fakten, Probleme, Argumentationen und Anregungen

**Lutz-Günther Fleischer, MLS**

*Vorbemerkungen zum Ziel und zu den Mitteln des Exzerptes*

Der nachfolgende Abriss zum Vortragsthema will und kann weder vollständig sein, noch bildet er einen Leitfadens, um das vielfältige und vielschichtige *Beziehungsgefüge und Problemgeflecht der komplexen Energiewende* in ihre zahlreichen Komponenten sowie Beziehungen aufzudröseln und ausdrücklich Lösungsansätze anzupreisen. Das ist und bleibt eine herausfordernde Gemeinschaftsaufgabe sowie die arbeitsteilig wahrzunehmende Sache der inter- und transdisziplinär involvierten Fachgebiete, Institutionen sowie gesellschaftlichen Bereiche.

Beabsichtigt sind einige übergreifende - hoffentlich verständnisfördernde und orientierende - Problemdarstellungen und Anregungen, die naturgemäß subjektive Komponenten enthalten und überdies bewusst nicht unter prozeduralen, kognitiven, sozialen, normativen, methodologischen und anderen Betrachtungsweisen systematisiert wurden. Die Methodik der erfolgversprechenden Suche nach Erkenntnissen sowie praktischen Problemlösungen verlagert sich zunehmend und prinzipiell vom bisher dominanten, die Teile und Trennungen favorisierenden, Reduktionismus, auf das *Verhalten emergenter Ganzheiten* einschließlich der in einem solchen *Organismus* obwaltenden Wirkungs-Beziehungen. Mit dem Bild der Gaia für das kopartimentierte Erdsystem (mit all seinen Energie-, Impuls-, Stofftransportprozessen sowie den Wandlungen aller materieller Aspekte) wurde dieses ganzheitliche Modell erfolgreich adaptiert. Die Verschiebung des Akzentes in der Dialektik von Teil und Ganzem beeinflusst zugleich die Strategien der Vereinfachung im Interesse der Gestaltung und Beherrschung des Komplexen. Zur erfolgversprechenden *Komplexitätsreduktion* werden zwei Wege genutzt: Die Reduktion der *Extensionalität* (mit der Begrenzung des Umfangs, dem Herauslösen von Besonderem, Einzelnem) und/oder die Reduktion der *Intensionalität* (mit der Extraktion des Gemeinsamen bis Allgemeinen). *Abstraktionen* sind wichtige Voraussetzungen für angestrebte und unumgängliche ideelle Vereinfachungen komplexer Tatbestände und Zusammenhänge.

*Die Energiewende - eine gesellschaftsrelevante Gesamtheit mit interagierenden Systemelementen sowie Prozessen und überformenden gesellschaftlichen Implikationen*

Eine schlüssige Energiewende ist nur als *länger währender, komplexer gesellschaftlicher Transformationsprozess* zu verstehen und (um die Diktion der Ethik-Kommission „Sichere Energieversorgung“ der Bundesregierung aufzunehmen) als ‚Gemeinschaftswerk‘ erfolgreich zu gestalten. Dieser - noch näher zu beschreibende - Prozess bedarf ebenso *aller materiellen und immateriellen Produktivkräfte*: der natürlichen, geistig-kulturellen, humanen, wissenschaftlichen, technischen, technologischen und organisatorischen Ressourcen der Gesellschaft, wie des gesellschaftlichen Willens und verpflichtenden Konsens eines allseits verbindlichen Gesellschaftsvertrages. Im Jahr des 300. Geburtstages von Jean Jaques Rousseau und des 250. Jahrestages des Ersterscheinens seines Werkes „Vom Gesellschaftsvertrag oder Prinzipien des Staatsrechts“, in dem Rousseau auch den fundamentalen Begriff der Volkssouveränität prägte, ist es legitim und kritisch anregend, den bewusst als Metapher in den Titel unserer Jahrestagung aufgenommenen Terminus Gesellschaftsvertrag, außerdem gedanklich in seinen originären historischen Kontext zu stellen.

Die *Verfügbarkeit* (noch präziser: *the availability*) über bezahlbare, ressourcen- und umwelt-

schonend transformierte Energien in der objektiv *notwendigen Menge* und zeitlich adäquat in der *anwendergerechten Energieart* (Gebrauchsenergie, Endenergie) wirft mannigfaltige wissenschaftliche, technische sowie ökonomische und ökologische Probleme auf und ist nicht nur ein *zivilisatorisches Bedürfnis*, sondern zudem ein *unabweisbares Menschenrecht*. Es sei daran erinnert, dass Energie mit Wirkungsvermögen assoziiert wird. Eine herausragende Funktion kommt dabei objektiv der *Elektroenergie* zu. Sie ist ein aussagestarker Indikator und maßgebliches Gestaltungsmittel der Lebens- und Produktionsweise. Die zunehmende ‚Energiearmut‘ (u.a. belegt mit ca. 600.000 Stromabschaltungen bei deutschen Privathaushalten 2011) zeugt schon heute von sozialen Problemen. Strompreise (oder noch weiter gefasst: Energiepreise) müssen folgerichtig zu den Objekten der Sozialpolitik gehören, sie dürfen auf keinen Fall soziale Verwerfungen generieren bzw. vertiefen oder gar ‚Eruptionen unseres demokratischen Gemeinwesens‘ auslösen. Die Relationen zwischen den tatsächlichen Gestehungskosten der jeweiligen *Gebrauchsenergie* - als dem zentralen Glied in der Wandlungskette - und den Energiepreisen müssen in jeder Hinsicht verantwortbar sein. Klientelpolitik ist dabei gesellschaftlich kontraproduktiv.

Die summarischen Bewertungen der Pfade in eine sogenannte ‚postfossile Energiezukunft‘ schwanken (nicht nur in rhetorischen Fragespektren, wie dem der aktuellen, öffentlichen Vorlesungsreihe der Akademie der Wissenschaften in Hamburg) zwischen Handicap und Chance. Deutschland absolviert mit der Energiewende eine einzigartige Bewährungsprobe, in die die forschende, lehrende und propagierende Wissenschaft sowie ihre Institutionen mit herausfordernden Bringepflichten integriert sind.

Zu allen zivilisationsgeschichtlichen Zeiten waren die *individuellen* sowie die *gesellschaftlichen Lebens- und Produktionsweisen* von der *Struktur und Leistungsfähigkeit* ihres mehr oder minder komplexen *Energiesystems* abhängig, formierte die Energetik typische und maßgebliche Grundlagen jedweder Existenz und Evolution der menschlichen Gesellschaft und deren sozialer Strukturen.

Der *globale zivilisatorische Primärenergieumsatz* hat 2011 (näherungsweise ermittelt) 16 TW überschritten und steigt gegenwärtig durchschnittlich um ca. 4% pro Jahr. In der Ebene der spezifischen Primärenergie entspricht der Energiefluss im Weltdurchschnitt pro Bürger ca. 2.3 kW - bei gravierend unterschiedenen Verfügbarkeiten in den verschiedenen Ländern: z.B. USA 10.5 kW/Einwohner; Deutschland 5,6 kW/Einwohner, China 1.7 kW/Einwohner und Indien 0.8 kW/Einwohner. Zum Vergleich dieses länderspezifischen, nicht metabolischen Energieverbrauchs sei der mittlere physiologische (metabolische) Energieumsatz (Grundumsatz, Reproduktion, Wachstum, körperliche Aktivitäten, Thermogenese,) eines erwachsenen Menschen von 120 W (bzw. 10460 kJ/d) herangezogen. In allen organismischen Energiehaushalten sorgen evolutionär optimierte und situativ adaptierbare komplexe Organisationsstrukturen mit hierarchischen und heterarchischen Komponenten und selektierten Organisationsprinzipien für deren beachtliche Effektivität und Effizienz, was als Muster und Entscheidungsmodell für strukturelle/funktionelle Regularitäten der zukunftsfähigen Gesellschaft verstanden werden sollte. Auch das *Energiesystem* ist ein, der Ontogenese unterliegender, kompliziert strukturierter, komplex funktionierender: intern und mit seiner Umgebung interagierender, mit Innovationen und Innovationen gestaltbarer, *dynamischer Organismus*. Es vereint nach bestimmten Organisationsstrukturen Elemente, wie Anlagen, Installationen, Verfahren, Prozesse und Regularien zur Bereitstellung, Wandlung, Übertragung und Nutzung von Energien in bedarfsgerechten Qualitäten und Mengen.

Inzwischen wurden globale, nationale und regionale Niveaus und Konstellationen erreicht, in denen das anhaltende, nunmehr noch umfassendere, weiter anwachsende, facettenreichere und polare (auch auffallend interessenbegleitete) ‚Energieproblem‘ einen *Problemverbund* mit *diversen Ausprägungen und Ableitungen* bildet. Symptomatisch und ursächlich interagiert es mit den Herausforderungen und Risiken der Überbevölkerung, irreversiblen Umweltschädigungen, in der veröffentlichten Meinung unterschiedlich gewichteten und kontrovers bewerteten anthropogenen Einflüssen auf das Klimasystem bis zum damit begründeten Klimawandel. Der Nobelpreisträger P. Crutzen adoptierte für unser Zeitalter gar den prägenden Begriff des Anthropozäns, um die anthropogenen Einflüsse auf das Klima zu betonen. In das Problemgefüge sind zudem die Sicherung der menschlichen Gesundheit, die Bildung, die

Ernährung, die Bereitstellung zumutbarer und bezahlbarer Unterkünfte, von sauberem Trinkwasser und von Rohstoffen aller Art involviert.

#### *Elemente des internen und externen Bedingungsgefüges der Prozesse*

Einen *Ursachenkomplex* für die angeführten *problematischen Entwicklungen* und die *Entwicklungsprobleme* bilden bestimmte *limitierende Faktoren*: objektive Grenzen für die Regenerationsmöglichkeiten sowie das Wachstums nach traditionellen Kriterien und Modalitäten - Überforderungen infolge des faktischen Unterschreitens notwendiger Reproduktions- und Reifezeiten, des Überschreitens von Ressourceneffizienzen (fossile Energieträger) und von Stabilitätsgrenzen tradierter dynamischer Gleichgewichte (Klimawandel). Bei einer, für die Evolution vorteilhaften *Äquilibration* dieser Prozesse und Wechselwirkungs-Beziehungen, müssten mindestens die relevanten Funktionen und Strukturen, die Differenzierungen und Integrationen gut aufeinander abgestimmt sein. Aber auch strukturell/funktionell krisenhafte Entwicklungen in einigen Ländern und korrekturbedürftige Gesellschaftsstrategien haben an den Diskrepanzen, Polaritäten und Ambivalenzen einen beachtlichen Anteil.

Diese lediglich skizzierten, nicht zuletzt energetisch relevanten, internen und externen Gegebenheiten gehören zum *aktiven Bedingungsgefüge der Energiewende* in Deutschland. Konsequenterweise ist dieses ‚Gemeinschaftswerk‘ ein komplexer Transformationsprozess zur nachhaltigen Gesellschaft, nach einem, *im Konsens zu generierenden und adaptiven Gesellschaftsvertrag* über die gewählten Mittel und präferierten ‚Pfade‘, die Teil- und Gesamtziele des Wandels. Technische und technologische *Innovationsprozesse* sind generell soziale Prozesse; sie verlaufen sozial strukturiert und werden zudem institutionell überformt. Eigentlich gebührt dabei den gesamtgesellschaftlichen Zielen in der *Wertehierarchie* das Primat und es bedürfte bei gesellschaftlichen Entscheidungen selbstbeschränkender Kompromisse. Dieser ‚Gesellschaftsvertrag‘ muss zudem charakteristische Mängel des Marktes, wie die prinzipiell disproportionierende Verteilung der Gewinne und ‚Lasten‘ sowie seine unverkennbare ‚Abstinenz‘ zur Übernahme von Verantwortung beim Lösen von Gemeinschaftsaufgaben aufheben.

#### *Fundamentale Erfordernisse der Energiewende als Transformationsprozess zur nachhaltigen Gesellschaft*

Erforderlich ist – nach der vollzogenen Ziel-/Zweckbestimmung und der Wahl der Mittel - die gesellschaftlich vereinbarte Kompensation typischer Merkmale *konkurrierender Prozesse*, die keine ‚Fairness‘ bei der Zuweisung und Verteilung begrenzter Ressourcen an die rivalisierenden Einzelprozesse garantieren (wie z.B. bei der metabolischen oder/und energietechnischen Nutzung agrarischer Produkte sowie der stoffwirtschaftlichen oder/und energiewirtschaftlichen Nutzung der Vermögensenergieträger Erdöl und Erdgas, Braun- und Steinkohle, Kernbrennstoffe). Hinzu kommt, dass bei der selbstorganisierenden Zeitlaufsteuerung *konkurrierender Prozesse* in ‚blockierten Warteschlangen‘ systemtheoretisch länger währende Prozesse gegenüber zeitlich kürzer verlaufenden favorisiert sind. Was nicht deren tatsächlicher gesellschaftlicher Bedeutung gerecht werden muss. Davon zeugen gegenwärtig in Deutschlands u.a. Förderungsprioritäten und offenkundige Disproportionen bis zu Fehlentwicklungen im Ensemble der zukunftsbestimmenden, erneuerbaren oder sich erneuernden Energieträger. Diese Tatbestände bedingen die gesellschaftliche Bewertung - einschließlich sachlicher und zeitlicher Präferenzen - die transparente und zuverlässige Gewichtung, Steuerung und Förderung der *harmonischen Entwicklung* essentieller gesellschaftlicher Bereiche und Instrumente sowie eine dementsprechende Politik. Das betrifft vornehmlich die *Wissenschaft*, die *Technik*, die *Technologien* als duale Prozess- und Wissenssysteme, die *Wirtschaft*, aber auch die Kostenstrukturen und die Preisbildung - in letzter Konsequenz selbst die Sozialstrukturen.

Weitere typische Herausforderungen resultieren aus dem gesetzmäßig *deterministisch-chaotischen Charakter* dieser Prozesse, was bereits bei mittelfristigen Voraussagen zu Unsicherheiten, zu ‚interpretierbaren‘ Szenarios mit Wahrscheinlichkeiten, die die Möglichkeiten quantifizieren, und prädikatenlogisch zu wenn ... dann Folgerungen führt.

Wissenschaftlich basierte Einsichten, zielgerechtes Verhalten und verantwortungsbewusstes Handeln von Individuen und Gruppen stützen sich stets auf Erfahrungen und bedürfen komplementär des Erkennens und Verstehens wesentlicher Sachverhalte der anspruchsvollen

konstituierenden, instrumentalen und konkurrierenden, Transformationsprozesse zur nachhaltigen Gesellschaft. Das hoch komplexe, multikomponentige, mannigfaltig vernetzte, wissenschaftliche, technische, technologische, ökologische, ökonomische, geistig-kulturelle, soziale und demokratisch-zivilisatorische Gefüge vereint unterschiedliche Entwicklungspotentiale. Sie gilt es systemisch (ganzheitlich) zu analysieren, in ihren Beziehungen von Ziel und Mittel, den kollektiven und partitiven Relationen von Teil und Ganzem sowie in ihren Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu beherrschen, d.h. adäquate Lösungsansätze zu beurteilen, zu sondieren und selbstbeschränkende Kompromisse zu finden.

*Akzentuiert naturale Dimensionen und Perspektiven der Energiewende in kompakter Darstellung*

Von herausragender und übergreifender Bedeutung im System der Produktivkräfte sind - wegen ihrer durchweg vermittelnden, integrierenden, verändernden und stimulierenden Wirkungen - neue Technologien. Es gibt keinen anderen Weg, um wissenschaftliche Erkenntnisse in Produktivität und Kreativität zu überführen. Wobei nicht zu negieren ist, dass selbst jeder tatsächliche wissenschaftliche, technische und technologische Fortschritt Ambivalenzen generiert. Bestmöglich gestaltete und kombinierte Energiotechnologien mit optimierten Prozessketten, die das nutzbare Wissen der Wissenschaft und der Technik um Ursachen, Wirkungen und Mittel (nach J. Mittelstraß das Verfügungswissen) unter den gegebenen Zwecken dafür einsetzen und zusätzlich vertiefen, bilden ein Schwergewicht dieser Gebote.

Energiepolitisch muss für eine gesellschaftlich akzeptierte (neue) Infrastruktur, für entwicklungsfördernde europarechtliche und bundesrechtliche Rahmenregelungen, gesellschaftlich relevante Vorrangregelungen bei der Gestaltung und dem Betrieb des komplexen, ebenfalls *charakteristisch kompartimentierten, Energiesystems*, für Planungssicherheit, zielsichere Stimuli, längerfristige Abnahmegarantien, etc. gesorgt werden.

Zu reflektieren sind dementsprechend *maß- und zielformierende Interessenlagen* gesellschaftlicher Gruppen und involvierter Interessenverbände, transparente Szenarios für nachhaltige ‚Energiezukünfte‘ mit evidenten Effektivitäten und hohen Effizienzen, Methoden und Mittel zur Herausbildung weitgehend ausgeglichener energetischer Bedarfs- und Deckungsbilanzen. Ein hoher Rang gebührt objektiven und umfassenden Bewertungskriterien bei der Bereitstellung, der Wandlung und dem Einsatz der Energieträger (d.h. der Stoffe, Impulse, Strahlung oder Felder, die Energie enthalten oder/und übertragen), zur ökologischen, ökonomischen, sozialen und ethischen Begründung der *Nutzungsprimaten* beim ggf. konkurrierenden stofflichen oder/und energetischen Einsatz von Einkommens- und Vermögensenergieträgern, sowie zur Beurteilung nachhaltiger Innovationen. Wesentliche Instrumentarien zur Lösung der mittelbaren und unmittelbaren ‚Energieprobleme‘, zu den Strategien und Realisationen für regelbare und sicher geregelte (intelligente) Energiesysteme, bilden inter- und transdisziplinäre Forschungsprogramme und darauf aufbauende Entwicklungsstrategien.

Eine zentrale Stellung in der Prozesskette energetischer Transformationen/ Konversionen haben die Gebrauchsenergien (Sekundärenergien, Endenergien). Sie sind einerseits das Ergebnis der Umwandlung der eingesetzten Primärenergieträger (derzeit ein Mix aus Vermögens- und Einkommensenergien) – so betrachtet Sekundärenergien - vor allem aber anwendergerecht umgeformt - in diesem Sinne Endenergien – die andererseits in, davon zu unterscheidende, prozesswirksame Nutzenergien transformiert werden müssen. Mit Bezug auf die Strategien der Energiewende muss ausdrücklich betont werden, dass zum *Ensemble der anwendergerechten Gebrauchsenergien* [Endenergien: 2007: 8585 Petajoule (PJ); 2009: 8714 PJ ] - außer der zu Recht exponierten *elektrischen* Energie - *thermische* Energien in allen (dominierend flüssigen und gasförmigen) Aggregatzuständen und *chemische* Energieträger (Brennstoffe, Kraftstoffe, Treibstoffe agrarischen und/oder fossilen Ursprungs sowie eigens synthetisierte Gase) gehören.

Die mit diesen strukturierten Endenergien zu sichernden, in sich sehr heterogenen, sektoralen Energiedienstleistungen verteilen sich auf die Industrie (27,9%), Haushalte (27,6%), Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) (15,6%) und den Verkehr (28,8%). [Angaben nach: AG Energiebilanzen 08/2008]. Es ist anzumerken, dass - nach Angaben des statistischen Bundesamtes – 56% des Endenergieverbrauchs für den Verkehr von privaten Haushalten verursacht wer-

den.

*Thermische Energien*, die weniger exakt als ‚WÄRME‘ bezeichnet werden, sind vom Produkt  $TS$  aus der absoluten Temperatur  $T$  - einer *qualitätsbestimmenden intensiven Zustandsgröße* - und der Entropie  $S$  - einer *quantitätsbestimmenden extensiven Zustandsgröße* - charakterisiert. Sie werden in einem, ihre Qualität bestimmenden, breit gefächerten, Temperaturintervall oberhalb  $T_H$  und unterhalb  $T_K$  der Umgebungstemperatur  $T_U$  (u.U. kombiniert mit hohen Drücken oder Vakua) vor allem als *Prozesskälte* und *Prozesswärme* (insgesamt ca.16%, in der Industrie aber 66% ihres Endenergieverbrauchs, also deutlich mehr als für die, mit 24% zweitplatzierte Nutzung als Antriebsenergie), für industrielle Hochtemperaturverfahren (z.B. 2000 °C im unteren Teil bestimmter Hochöfen, 1500 °C in Drehrohröfen) über Mitteltemperaturverfahren in der Mehrzahl der Industriezweige und Tieftemperaturverfahren (mit wenigen Kelvin über dem absoluten Nullpunkt), als *Raumwärme* (insgesamt ca. 25,7%, in Haushalten rund 70% ihres Endenergieverbrauchs) und *Klimatisierungskälte* sowie zur *Warmwasserbereitung* (insgesamt ca.5,7% des Endenergieverbrauchs) benötigt. In toto werden zudem über 42% der Endenergie in prozesswirksame *mechanische Energie* für *Antriebe* transformiert, im Sektor Verkehr wesensgemäß fast 100%. Die gerundeten Angaben nach Anwendungszwecken der Endenergie stammen von der BDEW-Projektgruppe ‚Nutzenergiebilanzen‘ für das Jahr 2007.

Eine besondere thermodynamische und ökonomische Aufmerksamkeit verdient die, bisher in den Bilanzen nicht getrennt ausweisbare, ‚Kälteerzeugung‘ (d.h. der Wärmeentzug unterhalb der Umgebungstemperatur  $T_U$  bis zur Kühltemperatur  $T_K$ ) wegen ihres hohen exergetischen Aufwands, der zumeist noch in Form von Elektroenergie erbracht wird.

Die *elektrische Energie*, ein universaler Energieträger und die ‚edelste‘ der Gebrauchsennergien, ist – wenn auch mit stark differierenden Wirkungsgraden  $\eta_I$  und technisch-ökonomischem Aufwand- aus den verschiedensten Primärenergieträgern erzeugbar. (Derzeitig Bruttostromerzeugung in Deutschland ca. 600 TWh/a) Noch immer dominiert dabei das dynamisch-elektrische Prinzip in der typischen Kopplung von Generatoren mit Antriebsmaschinen, wie Dampf-, Gas-, Wasser- und Windturbinen, bei Kraft-Wärme-Kopplungen in BHKW ggf. Diesel- und Stirlingmotoren. *Solar-elektrische Wirkprinzipien* der Photovoltaik und (energie-technisch auch zur Erwärmung der prozessspezifischen Arbeitsmittel in den verschiedenen Verfahren der Elektroenergieerzeugung) eingesetzte *solar-thermische Wirkprinzipien* gewinnen in der Energetik an Gewicht. Dennoch wird Deutschland während der Übergangsphase einige schnellstartfähige, hocheffiziente Gaskraftwerke errichten müssen.

Die elektrische Energie bietet einzigartige, sie auszeichnende Vorteile, weist aber auch typische Nachteile auf:

- sie kann komfortabel und mit vergleichsweise großen Wirkungsgraden  $\eta_{II}$  in jede prozesswirksame Nutzenergieform umgewandelt werden,
- in der Informations-, Kommunikations-(IK), Mess-, Steuerungs-, Regelungs-,Antriebs- und Beleuchtungstechnik hat sie überdies eine nahezu unikale Schlüsselstellung und
- sie selbst ist ausgezeichnet mess-, steuer- und regelbar.

Aber elektrische Energie ist eben auch

- nur sehr investitionsintensiv zu erzeugen und
- unzureichend speicherfähig

Die optimale Gestaltung der Wandlungskette von den *naturgegebenen Primärenergien* über die *anwendergerechten Gebrauchsennergien* bis zu den *prozesswirksamen Nutzenergien* mittels der verschiedensten *Transformationspfade und Technologien*, einschließlich *intelligenter Verteilungs- und Nutzungstechnologien* sowie des dynamischen, regionalen, überregionalen und internationalen *Verbundbetriebs*, erweist sich als ökonomisch und ökologisch maßgebliche – gemessen am naturgesetzlich Möglichen – noch unzureichend ausgeschöpfte Quelle der *komplexen Energieeffizienz*. Besonders und permanent verbesserungsbedürftig sind die *Technologien* für die *Einkommensenergien* (vor allem die direkte und indirekte, mit Wind- und Hydrotechnologien sowie dem Integrator Biomasse genutzte, Solarenergie). Bezogen auf technische Anforderungen weisen sie in der Regel zu *niedrigere Energiedichten* und

beträchtlich unterschiedene *zeitliche Verfügbarkeiten* auf. Einkommensenergien fließen - fluktuierend, intermittierend, in Ausnahmen, wie bei der Erdwärme und der Erdrotation, kontinuierlich - einem Bilanzraum in einem bestimmten Zeitraum  $\Delta t$  bzw. zu einem Zeitpunkt  $\Delta t \rightarrow 0$  zu. Genauer : Sie werden den natürlichen Flüssen innerhalb des Geosystems und dessen Bewegung entnommen, dabei direkt genutzt oder umgewandelt.

Besondere Aufmerksamkeit gebührt bei der effektiven und effizienten *Transformation der Einkommensenergieträger* der *nichtthermischen Nutzung* der Sonnenenergie. Jede Klasse von Primärenergieträgern offeriert spezifische Probleme. Sie sind allerdings bei der photovoltaischen, photochemischen und photoelektrochemischen Transformation besonders diffizil, dennoch in mittleren Fristen energietechnisch lösbar. Freilich verlangen diese favorisierten neuen Bestandteile des Energiesystems erhöhte finanzielle, kognitive, gegenständliche und zeitliche Aufwendungen sowie Vorleistungen.

Wenn die Energiepolitik mit der Energiewende verstärkt auf erneuerbare und sich erneuernde Energieträger setzt, dann sind zentrale und dezentrale hierarchische und heterarchische Netze/Speicher wegen der Fluktuationen sowie räumlicher und zeitlicher Divergenzen, der resultierenden Nichtübereinstimmungen zwischen den Bedarfs- und Deckungsbilanzen, unverzichtbar. Die Vielfalt und Funktionsweise vorwiegend *dezentraler solarer Energiesysteme* bedürfen der weitgehenden, möglichst ganzjährigen (Ideal: 8760 h - einem energiewirtschaftlichen Jahr), *Leistungsabsicherung* über *dezentrale (darunter autarke)* sowie *hybride*, (kombinierte zentrale und dezentrale) Systeme mit vermaschten Netzen verschiedener technischer Strukturen und Integrationsgrade zum adaptiven Erfassen, zum Übertragen und intelligentem Verteilen der anwendergerechten Energien sowie effektiver Speichertechnologien.

Die Erforschung und Entwicklung leistungsfähiger und kostengünstiger Energiespeicher *angemessen hoher Energiedichten* ( $U_v$ ,  $H_v$ ) bilden – noch vor dem objektiv gebotenen Netzausbau im Nieder-, Mittel- und Hochspannungsbereich - angesichts der zeitlichen Verfügbarkeit (Nutzungsstunden) sich erneuernder solarer Energieträger in Deutschland für deren umfassendere und effektivere Nutzung eine wesentliche Bedingung.

Die Weiterentwicklung und der Aufbau von Energiespeichern vor allem für ‚STROM‘ (elektrische Energie) und ‚WÄRME‘ (thermische Energie) sind unentbehrlich für die partielle Entkopplung der Erzeuger vom Verbrauchern, für die essentiellen Leistungsgleichgewichte zwischen ihnen, d.h. für den Ausgleich der tages- und jahreszeitlich divergierenden Bedarfs und der Erzeugung von Gebrauchsenergien. Primär sollte das Verfahren des Leistungsausgleichs über das intelligente Erzeuger- und Verbraucherverhalten verlaufen. Das gilt besonders für den effektiven Stromverbrauch. In diesem Sinne wirkt das Demand Management mit einer Vielzahl von kombinierbaren Maßnahmen zur Entlastung des Stromnetzes. Komplementär werden Speicher genutzt.

*Thermische Energie* lässt sich weitaus effizienter und kostengünstiger speichern als elektrische Energie. Solche Speichertypen sind daher auch in der nahen Zukunft energietechnisch präferiert.

*Kriterien* für die Auswahl aus der Vielfalt mechanischer, thermischer, elektrischer, chemischer, elektrochemischer... *Speichertechniken* sind grundsätzlich:

- Speicherkapazitäten und –energiedichten
- Speicherwirkungsgrade,
- Speicherdauern
- Speicherbe- und –entladezeiten
- spezifische Speicherkosten und prinzipiell,
- die *gesellschaftliche Akzeptanz*

(siehe z.B die Trassierung von Stromleitungen und die Errichtung von Pumpspeicherwerken, die Auswahl und Verdichtung der Standorte für Windparks, die Einrichtung von Gasspeichern für synthetische Gase und Kohlendioxid sowie adiabatische Druckluftspeicher in unterirdischen Kavernen)

Energiewirtschaftlich und strategisch maßgebliche Besonderheiten beim Einsatz der *thermischen Energien* resultieren aus den mannigfaltigen Möglichkeiten der flexiblen, effektiven und

effizienten Gestaltung ihrer Technologien, aus Nutzungskaskaden, Versorgungsnetzen, aus synergetischen Kopplungen in den und zwischen den Transformationspfaden. Zur dezentralen Bereitstellung von ‚Strom‘ und ‚Wärme‘ arbeiten bereits Anlagen mit thermischen und elektrischen Leistungen im kW- bis zum MW-Bereich. Erhebliche *Effektivitäts- und Effizienzreserven* bieten *Koppelprozesse* und *Nutzungskaskaden* auch bei der naturgesetzlich unvermeidbaren, aber in bestimmten Maßen optimierbaren *Energiedegradation*: der Umwandlung von Exergie (d.h. arbeitsfähiger, unbeschränkt transformierbarer Energie) in eine äquivalente Menge Anergie (d.h. gebundene thermische, nicht arbeitsfähige Energie) - bei jeder energetischen Transformation und Energieanwendung.

Biomassen sind ausgezeichnete *Integratoren von Energie* sowie einem reichen Spektrum *synthetisierter Stoffe* mit weit differenzierten Funktionalitäten, und sie sind erneuerbar.

Im Gegensatz zur relativ weit entwickelten *energetischen Verwertung* von *Biomassen* aus der Land-, Wald-, Reststoff- und Abfallwirtschaft sowie aus mikrobiellen Technologien befindet sich – trotz enormer Entwicklungspotentiale - die *stoffliche Verwertung* der organischen Stoffreservoirs als ‚erneuerbare Rohstoffe‘ (und damit als Substitute für fossile Kohlenstoffquellen in stoffwandelnden Technologien) noch im Anfangsstadium. Erforderlich sind dafür gänzlich neue Forschungs- und Entwicklungsansätze sowie weiterreichende Produkttechnologien, die physikalische, chemische, biochemische und biotische Wirkprinzipien in optimierten Verfahrenszügen vereinen. Unlängst hat unser gerade zugewähltes Mitglied Birgit Kamm in der Klasse für Naturwissenschaften das innovative *Konzept der Bioraffinerie* vorgestellt, das mit der integrierten Produktion von Nahrungsmitteln, Chemikalien sowie (hauptsächlich flüssigen und gasförmigen) Energieprodukten die organischen Komponenten der Biomassen auf ihrer natürlichen Synthesehöhe nutzen will, um so zur Ressourceneffizienz und zum Klimaschutz beizutragen.

#### *Fazit*

Die fundamentalen Veränderungen des gesamten Energiesystems - nach den Bedingungen sowie Kriterien einer anzustrebenden nachhaltigen Gesellschaft und mit inhärenten instrumentalen und konkurrierenden Umgestaltungsprozessen - haben zahlreiche naturale, soziale und humane Implikationen. Dies sollte exemplarisch in möglichst kompakter Form erörtert und aufgezeigt werden, dass es darauf ankommt, diesen herausfordernden Transformationsprozess in seiner Komplexität gesellschaftlich und individuell zu bewältigen.

Das, allem Denken und Handeln überzuordnende, Leitkriterium der Humanität ist - allein schon aus den mannigfaltigen Perspektiven der Energie - mit dem Gebot gepaart, den Kantischen ‚*kategorischen Imperativ*‘, aus dem W. Ostwald den ‚*energetischen Imperativ*‘ herleitete, zumindest als einen ‚*energet(h)ischen Imperativ*‘ (H. Scheer) zu begreifen.

In der Diktion der aktuellen, *exerget(h)ischen* und *ökologischen Imperative*, als auf dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisniveau unserer Zeit adaptierten Prinzipien einer umfassenden Ethik und besonders spezifizierten Geboten der Vernunft, heißt das:

„Vergeude keine Exergie, verwerte sie“ [Im energetischen Original W.Ostwald 1912, exergetisch adaptiert 2012] Und: „Handle so, daß die Wirkungen deiner Handlungen verträglich sind mit der Permanenz echten menschlichen Lebens auf Erden“ [H. Jonas 1979]

# **Gesellschaftliche Herausforderungen im Lichte der Energiewende – Die Energiewende als ökonomische und soziale Frage**

**Christa Luft, MLS**

Die Energiewende ist ein höchst anspruchsvolles, **naturwissenschaftlich-technisch** wohl beherrschbares Problem. Nicht minder wichtig ist für das Gelingen der Umgang mit den **ökonomischen, sozialen und demokratisch-zivilisatorischen** Herausforderungen.<sup>1</sup> Hier wird noch zwischen den verschiedenen gesellschaftlichen Gruppierungen und den Interessenverbänden intensiv um Lösungen gestritten werden. Hier liegen auch die Bereiche, in denen die Energiewende für die Bevölkerung konkret spürbar wird.

## **Sammlung ausgewählter Probleme**

Zu den **ökonomischen** Herausforderungen der Energiewende gehören

- Bereitstellung des notwendigen Aufkommens an Investitionsmitteln für den beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien und der entsprechenden Übertragungsnetze, aber auch für den AKW-Rückbau und die Endlagerung von radioaktivem Müll
- Auswirkungen eventueller Strompreiserhöhungen auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit einzelner, vor allem energieintensiver Industriebranchen
- Chancen für den Export von know how aus dem Vollzug der Energiewende (Systemlösungen und AKW-Rückbauerfahrungen)
- Fortführung der ökologischen Steuerreform

Als Schwerpunkte einer **sozialen** Gestaltung der Energiewende sind absehbar

- Einführung einer wirksamen staatlichen Strompreiskontrolle
- Einführung von Stromsozialtarifen für einkommensschwache Haushalte
- Auflegen eines Energiesparfonds mit speziellen Förderprogrammen für die Anschaffung energiesparender Geräte in einkommensschwachen Haushalten
- Erhöhung der Brennelementesteuer und Überführung der AKW-Rückstellungen in einen öffentlich-rechtlichen Fonds

**Demokratisch-zivilisatorische** Herausforderungen sind

- Überführung von Energienetzen in die öffentliche Hand
- Rekommunalisierung der Energieversorgung – starke Stadtwerke in kommunaler Hand
- Verbesserte Förderung von Energiegenossenschaften
- Einrichtung von Beiräten aus Umwelt- und Verbraucherverbänden, Gewerkschaften, Mandatsträger/innen u.a., die mit verbindlichen Mitbestimmungsrechten den Energie-wendeprozess begleiten
- Gewinnung der Bevölkerung für die Akzeptanz von mit dem Ausbau erneuerbarer Energien verbundenen Belastungen/Einschränkungen (Windkraftträder, Übertragungsnetze, Eingriffe in die Natur...).

Ein übergreifendes gesellschaftliches Problem der Energiewende sind **Folgerungen für die Produktions- und Lebensweise**. Mit Beibehaltung des gegenwärtigen Konsumverhaltens und von tradierten Produktions- und Verbrauchsgewohnheiten in den entwickelten Industrieländern (Reparaturunfreundlichkeit technischer Konsumgüter, Wegwerfgebaren, ausufernde Werbung, unsinnige Mehrfachverpackung, bevorzugte Inanspruchnahme von Individualverkehr statt öffentlicher Transportangebote, extrem niedrige Abschreibungszeiten...) lassen sich Energie- und Umweltverbrauch nicht reduzieren. Die Bewertung technologischer Innovationen darf nicht wie bisher vor allem nach Renditeerwartungen, sondern muß nach strengen sozial-ökologischen Kriterien erfolgen. Es geht also um **sozial-ökologischen Umbau der Gesellschaft, nicht nur um Ökologisierung des Kapitalismus**.

Stoff- und Energieflüsse gehören massiv reduziert und/oder auf regenerative Quellen umgestellt, und die Produkte müssen nach ihrer Nutzung wieder verwertbar oder biologisch abbaubar sein. Die Ressourcenproduktivität, also: wie viel (preisbereinigte) Wertschöpfung mit einer Mengeneinheit verschiedener natürlicher Ressourcen produziert wird, kann und muss



dabei stark gesteigert werden. Dies erfordert aber in den kommenden Jahren und Jahrzehnten große Investitionen und erheblichen Arbeitsaufwand und trägt so zur Steigerung des Bruttoinlandsprodukts (BIP) bei. Dabei darf BIP-Wachstum nicht gleichgesetzt werden mit zunehmender Produktion materieller Güter. Der Strukturwandel in Richtung Dienstleistungen kann zu wachsendem BIP bei sinkender materieller Produktion und folglich geringerem Ressourcenverbrauch führen. Dies kann die Gesellschaft nutzen, um ohne Einkommensverlust die Beanspruchung der Natur stark zu vermindern. 2007 hatten etwa Metall- und Chemieindustrie einen vier bis fünf mal so hohen Primärenergieverbrauch je Euro Bruttowertschöpfung wie der Durchschnitt des produzierenden Gewerbes, und dieses wiederum einen mehr als fünf mal so hohen wie der Sektor öffentliche und private Dienstleister.

Im Interesse der sozial und ökologisch verträglich kreditfinanzierten Ressourcenlenkung muß die Investitionsfunktion stärker zur öffentlichen Aufgabe werden. Für jede Branche könnte der Zins als ökologische Stellgröße staatlich ermittelt und jährlich festgelegt werden. Die ökologische Zinsrate müßte am höchsten sein bei negativem oder Nullwachstum der Ressourcenproduktivität, mindestens so hoch wie die Durchschnittsrendite der Branche und am geringsten oder negativ bei überdurchschnittlichem Wachstum der Ressourcenproduktivität des Unternehmens. Das bedeutet, dass die Banken ihr Leihkapital nur mit dem Ökozins versehen dürfen. Die Einnahmen aus dem Ökozins werden ausschließlich für ökologische und soziale Zwecke verwendet. Firmen bekommen nur dann Fremdkapital und können damit expandieren, wenn sie ihr Wachstum der Ressourcenproduktivität erhöhen. Die konkrete Ökozinsrate einer Branche wird auf der Grundlage sorgfältiger Untersuchungen aller umweltrelevanten Bedingungen ihrer Produktion und ihrer Marktaktivitäten festgelegt. Sie ist die Kerngröße einer strengen staatlichen Umweltregulierung.<sup>ii</sup>

Der Weg zu einer **Wende im Verhältnis von Natur und Arbeit** führt über die Entkopplung von Profitstreben und Naturressourcenverbrauch durch eine Reform der gesamten Regulierungsweise, über den sozialen Ausgleich, das Umsteuern der technischen Entwicklung, die Verabschiedung von der herkömmlichen Wachstumsideologie und eine andere Lebensweise. Die Kernbewegungsgröße des Kapitalismus, die kapitalbezogene Profitrate hielt Karl Marx für tendenziell fallend, im 21. Jahrhundert wird sie durch Überproduktion, Klimawandel, Vervielfachung regionaler und lokaler Naturkatastrophen, Versiegen natürlicher Vorräte, Vermüllung und Zunahme sozialer Katastrophen mit großer Wahrscheinlichkeit eindeutig fallend.

Das Gelingen eines sozial-ökologischen Umbaus der Gesellschaft wird stark davon abhängen, wie eine Bevölkerungsmehrheit ihn mit eigenem Verhalten unterstützt und politischen Druck dafür entwickelt. Dies wiederum setzt voraus, dass er verbunden ist mit Abbau von Arbeitslosigkeit, mit der Einkommenssicherung der Beschäftigten und der Schaffung guter neuer Arbeit für diejenigen, deren Arbeitsplätze im Zuge eines ökologischen Umbaus verloren gehen.

---

<sup>i</sup> Siehe dazu auch Uwe Schneidewind: Der Atomausstieg ist kein vorrangig technisches Problem. WSI-Mitteilungen 7/2011, S. 318

<sup>ii</sup> vgl. dazu Heinz-Dieter Hausteil: Zeitenwechsel. LIT Verlag GmbH & Co. KG, Wien 2012, S. 135

## **Globale Probleme als Herausforderung für eine humane Zukunftsgestaltung**

### **H. Hörz, MLS**

Eine prinzipielle These gehört an den Anfang:

1. Es sind die neuen Bedingungen in der Produktivkraftentwicklung zu erkennen, die Globalisierung im Zusammenhang mit dem Kampf der Kulturen zu berücksichtigen und die Machtfrage als Streben nach Landbesitz, Rohstoffen, billiger Arbeitskraft usw. zu analysieren. Auf der einen Seite verbünden sich hierarchische Wertegemeinschaften. Wir haben es mit einer Wiederentdeckung sozialer Werte zu tun, worauf schon Huntington mit seinem Kampf der Kulturen aufmerksam machte. Auch Fukuyama mit seiner These von der Finalisierung der Geschichte in der liberalen Demokratie gehört, trotz seiner Differenzen mit Huntington, in diese Linie. Die Hierarchie solcher Wertegemeinschaften reicht von den sozialen Beziehungen in der Familie, im Freundeskreis und in Zusammenschlüssen in Vereinen bis zu Nationen und internationalen Monopolen. Die Europäische Union ist eine hierarchisch gegliederte Wertegemein-

---

schaft, in der Ethnien, Nationen, Staaten, doch auch übernationale und überstaatliche Interessengruppen wirken. Nicht zu vergessen bei den Wertegemeinschaften sind die in muslimischen Regionen, doch auch in anderen Bereichen, anzutreffenden Familienclans, die ihre Einflussbereiche verteidigenden Warlords und selbst die in Familien organisierten Mafiosi und andere mit krimineller Energie wirkenden Freundeskreise.

Auf der anderen Seite findet mit der Globalisierung ein Prozess kapitalistischer Modernisierung statt, der vorhandene Sozialstrukturen auflöst oder sie in den Dienst von werteübergreifenden Interessengruppen stellt, denen spezifische Wertekanons von soziokulturellen Identitäten höchstens dazu dienen, Verbündete für die Durchsetzung ihrer Interessen zu finden. Es geht dabei um die Erweiterung der politischen Macht, den Kampf um Bodenschätze, die Sicherung von Energieressourcen und letzten Endes um die Erhöhung des Maximalprofits der „global players“, die, in gegenseitiger Konkurrenz, um die Unterstützung durch hierarchisch gegliederte Wertegemeinschaften und deren Anführer buhlen.

2. Globalisierung hat so zumindest zwei Aspekte. Zum einen geht es um die für die Menschheit bedrohlichen globalen Probleme, zu denen seit der Entwicklung und dem Abwurf der Atombombe die gewachsene Vernichtungskapazität des auf der Erde angehäuften Arsenal an Waffen gehört, mit dem sich die Menschheit selbst vernichten kann. Hinzu kommen die durch das normale menschliche Handeln und durch Profitinteressen hervorgerufenen ökologischen Katastrophen, die etwa mit dem Klimawandel die natürlichen Grundlagen menschlichen Lebens bedrohen. Zum anderen ist die Globalisierung des Kapitals gemeint, zu der ein ungehinderter Kapitalfluss, die Durchsetzung von Marktprinzipien und freiem Handel gehört, drapiert mit Bannerworten wie "liberale Demokratie", "westliche Werte", "Menschenrechte" und "Kampf gegen den Terror". Es ist dieser Prozess, der meist generell als "Globalisierung" bezeichnet wird. Wir sollten dabei das geforderte und regional durchgesetzte Programm der Globalisierung seit der Mitte des 19. Jahrhunderts im Zusammenhang mit dem Weltmarkt und dem Wirken internationaler Monopole, auch im regionalen Kampf gegen Protektionismus, von der mit dem Ende des 20.

Jahrhunderts und dem 21. Jahrhundert nun real einsetzenden Globalisierung des Kapitals unterscheiden. Doch beide Aspekte, die Globalisierung der für die Menschheit gravierenden Existenzprobleme und die Globalisierung des Kapitals sind eng miteinander verbunden.

3. Zu den neuen Faktoren in der Produktivkraftentwicklung gehören: (1) Die Roboterisierung und Computerisierung der Fertigungsprozesse materieller Güter hat dazu geführt, dass der Mensch immer mehr aus dem eigentlichen Fertigungsprozess heraustritt, Prozesssteuerung betreibt und die Aufgabe übernimmt, automatische Steuerung und Kontrolle zu programmieren und zu überwachen. Technologisierung der Wissenschaften, Methodologien und Methoden befreien Menschen von Routine. (2) Die Revolution der Denkzeuge wirkt sich in allen Lebensbereichen aus.

Internet, Computersimulation, Email bestimmen immer mehr das Leben. (3) Durch die weitere Entwicklung der genetischen Gestaltung von Leben können Menschen in ihre eigene Individualentwicklung eingreifen. Der erste Punkt verlangt, die Kräfte zu finden, die eine humane Lösung der genannten Probleme anstreben. Zweitens wird deutlich, dass Manipulierung und geistige Umweltverschmutzung Gegentendenzen im Interesse herrschender Kreise gegen eine Demokratisierung des Wissens sind.

Drittens sind humane Kriterien für die Gestaltung unserer natürlichen menschlichen Zukunft mit neuen technischen Möglichkeiten gefragt.

4. Bei der Übersicht über die globalen Probleme würde ich folgende Einteilung vorschlagen:

-Militärische Interventionen zur Erweiterung des Machtbereichs und für den Zugriff auf Ressourcen contra friedliche Lösung von Konflikten durch Einhaltung der UNO-Charta.

-Übergang der Menschheit von einer Katastrophengemeinschaft bei Naturkatastrophen und Havarien in großtechnischen Systemen zur Schadensbegrenzung zu einer Verantwortungsgemeinschaft zur Vorbeugung mit Warnsystemen, Risikoanalysen, Klimaschutz, ökologischer Forschung und Bedürfnisgestaltung gegen Verschwendung mit internationalen Abkommen und nationalen Initiativen.

-Durch die wachsende Schere zwischen Armen und Reichen in den Ländern und armen und reichen Ländern entstehen immer mehr soziale Konflikte.

---

Die Energieversorgung ist für Regionen und soziale Schichten ungleich gewährleistet. Hilfsprogramme sind effektiv zu gestalten. Statt Rohstoffausbeutung durch internationale Konzerne ist Hilfe zur Selbsthilfe bei der Nutzung der Ressourcen im eigenen Land wichtig.

-Der Zivilisierungsprozess, verbunden mit wissenschaftlich-technischem know how, und die Suche nach soziokultureller Identität führt zu Krisen, deren Lösung nicht einfach ist. Doch zugleich sind sie eine Herausforderung an die Menschheit, ihren Untergang zu verhindern und die Zukunft human zu gestalten. Es geht darum, in der zu tolerierenden Vielfalt der bestimmte Gruppen zusammenhaltenden Wertvorstellungen, soweit sie nicht gegen elementare Menschenrechte gerichtet sind, eine Hierarchie von Werten zu berücksichtigen, die vor allem durch folgende Anforderungen an der Spitze bestimmt ist: Erhaltung der Menschheit als Gattung und ihrer natürlichen Existenzbedingungen, friedliche Lösung von Konflikten, Toleranz gegenüber anderen Wertegemeinschaften und Erhöhung der Lebensqualität aller Glieder der menschlichen Gesellschaft.

Weltkultur als erforderliche Ergänzung zur Weltzivilisation, die vor allem durch den wissenschaftlich-technischen Fortschritt geprägt ist, wäre nur die Rahmenbedingung für soziokulturelle Identitäten. In ihr sind universelle Werte bestimmt, die humane Bedingungen für die Existenz aller Menschen sichern. Ihre Ausprägung wäre in den spezifischen Kulturen oder Wertegemeinschaften vorhanden. Die universellen Werte bilden sich dabei auf zwei Wegen aus: Der eine ist die den Anforderungen unserer Zeit entsprechende Reaktion von Wertegemeinschaften auf die Bedrohung der Menschheit durch Konfrontation und die Besinnung auf die kooperativen Traditionen mit dem Wunsch, solidarisch zusammenzuleben, ohne unterdrückt, ausgebeutet und diffamiert zu werden. Der andere ist der politische und moralische Druck der Länder, die humanere Beziehungen zwischen allen Gliedern der Gesellschaft, auch zwischen Männern und Frauen, aufgebaut haben. Er könnte durch Organe der UNO erweitert, gesichert und kontrolliert werden.

## **Zur Energiefrage**

**Lothar Kolditz, MLS**

Ich beginne meine Ausführungen mit einer Betrachtung der Situation, in der wir uns bei der Beschäftigung mit dieser Thematik befinden. Es gibt eine ganze Anzahl solcher Themen, die sich in eine Kategorie einreihen, bei der als Schlussfolgerung nur eine Wahrscheinlichkeitsaussage zu erreichen ist und keine zur wissenschaftlichen Gewissheit führende Lösung sich ergeben kann.

Es handelt sich dabei um das Ineinandergreifen zahlreicher nichtlinearer Vorgänge, die einen hochkomplexen Charakter der aufeinander folgenden Ereignisse hervorrufen. Das gesamte System unterliegt der Charakteristik deterministisch chaotischer Abläufe, deren Ergebnisvoraussage umso unsicherer wird, je weiter sie in der Zukunft liegt.

Um dennoch zu einer Aussage zu kommen, sehe ich keine andere Möglichkeit als die modellhafte Vereinfachung der Systeme. Das dann zu Grunde liegende Modell ist als Näherung zu verstehen, bei der wenige Vorgänge in Betracht gezogen werden, von denen angenommen wird, dass sie das System besonders stark beeinflussen. Durch diese Näherung wird die Treffsicherheit der Aussage weiter herabgesetzt, als es bei Berücksichtigung vieler Einflüsse der Fall wäre, was jedoch mit steigender Zahl die Bearbeitung erheblich kompliziert.

Die Auswahl der das System stark beeinflussenden Wirkungen bestimmt mit hohem Grad die sich ergebenden Schlussfolgerungen, die durchaus von gegensätzlichem Inhalt geprägt sein können. Ob die Schlussfolgerungen durch logische Überlegungen oder außerdem von computergestützten Rechnungen begleitet werden, verändert nicht den erreichbaren Wahrscheinlichkeitscharakter des Ergebnisses. Auch die computergestützt entwickelten Szenarien werden durch die eingegebenen Anfangs- und Randbedingungen im Endergebnis vorgeprägt. Wenn die Auswahl gar emotionsbedingt vorgenommen wird oder den Richtungen von Ideologien folgt, ist die Gefahr der Entfernung von wissenschaftlicher Themenbehandlung besonders groß.

---

Wichtig ist vor allem die Feststellung, dass in dieser komplexen Thematik keine Voraussage mit Gewissheit erreichbar ist. Die Wahrscheinlichkeiten der Ergebnisse unterscheiden sich, und jede Aussage kann zutreffen oder auch nicht, kann richtig oder auch falsch sein. Sicherlich fehlerhaft wird die Aussage, wenn Naturgesetze missachtet werden. Dieser Erkenntnis sollten sich alle mit der Thematik Beschäftigten beugen und allein von dieser Seite aus eine tolerante Haltung zu anderen als den eigenen Resultaten einnehmen.

Meine Auffassung zur Thematik habe ich grundsätzlich in der auf der Homepage der Leibniz-Sozietät veröffentlichten Debatte bereits vor drei Jahren dargestellt. Sie hat sich nicht verändert.

Ich gehe davon aus, dass die Radioaktivität eine fundamentale Eigenschaft der Materie darstellt, deren Einfluss auf die Evolution von erheblichem Ausmaß ist. Darüber hinaus existiert der Einfluss der kosmischen Strahlung ebenfalls kontinuierlich von alters her.

Die Radioaktivität begleitet uns ständig. Allein von der natürlichen Radioaktivität des Isotops  $^{40}\text{K}$  her erfährt der Organismus eines 70 kg schweren Menschen ständig radioaktive Einwirkungen von etwa 5500 Becquerel, die neben vielen anderen radioaktiven Vorgängen und der kosmischen Strahlung ohne weiteres verkräftet werden. Radioaktivität ist also ständig gegenwärtig und lässt sich nicht auf Null reduzieren. Eine zu hohe Dosis ist natürlich für den Organismus schädlich, wie es auch allgemein für Einflüsse auf ein System zutrifft. Schon Paracelsus hat die Wichtigkeit der Dosis für die Art der Wirkung herausgestellt. Wesentlich ist die Sicherheit der Messung der Dosis, die im Falle der Radioaktivität mit den heutigen Methoden durchaus gegeben ist.

Die Einstellung von großen Teilen der Bevölkerung zur Kernenergie zeigt in den einzelnen Staaten erhebliche Unterschiede. Deutschland fällt besonders heraus, wenn der Vergleich mit Frankreich, England oder anderen Staaten - auch außerhalb Europas - gezogen wird. Eine Ursachenuntersuchung auf diesem Feld kann ich hier nicht geben.

Die bei Nutzung der Kernspaltung entstehenden Radionuklide müssen, sofern sie nicht weitere Verwendung finden, einer Endlagerung zugeführt werden. Für eine solche Endlagerung gibt es in der Tiefe der Erde ein Reservoir, dessen Zugang noch erschlossen werden muss. Die in der Erdtiefe vorhandene Radioaktivität trägt zu einem sehr hohen Anteil zur Erdwärme bei. In neueren Rechnungen werden 40% angegeben.

Die bereits eingerichteten Kernkraftwerke sind potentielle Energielieferanten, deren Nutzung nach eingehaltenen Sicherheitskriterien der modernen Technik durchaus sinnvoll ist. Eine Stilllegung beseitigt keinesfalls die vorhandene Radioaktivität, und ein Abbau solcher Kraftwerke ist nicht nur mit erheblichen Kosten verbunden, sondern wird insgesamt auch teurer, wenn die Möglichkeit zur Energiegewinnung vorher nicht genutzt wird. Die Sicherheit neu zu bauender Kernspaltungsanlagen ist durch die Fortschritte der Technik weiter auszubauen. Auch Vorrichtungen zum Abfangen von Kernschmelzen sollten vorgesehen werden.

Ich sehe die Kernspaltung als notwendige Überbrückung zur schließlichen Nutzung der Kernfusion an.

Natürlich ist die Kernenergie im Verbund mit anderen Gewinnungsmöglichkeiten von Energie zu sehen. Die Verwendung von Erdwärme ist in diesem Zusammenhang am wenigsten problematisch ebenso wie die Wasserenergie an geeigneten Standorten. Umständlicher wird es mit Wind- und Sonnenenergie wegen des unregelmäßigen Anfalls und der Schwierigkeit der Energiespeicherung. Die Erhöhung der Netzkapazität zur Ausgleichslieferung an Gebiete mit geringerem Energieaufkommen ist eine notwendige Maßnahme, die mit dem Einsatz dieser Energiegewinnung verbunden ist. Je komplizierter und umfangreicher aber die Netzgestaltung ausfällt, umso größer ist die Gefahr von Netzschwingungen und drohendem Energieausfall mit Netzzusammenbrüchen. Daher müssen steuerbare leistungsfähige Grundlastkraftwerke auch bei stark ausgebauten Netzen vorhanden sein. Diese Kraftwerke müssen in der Energieerohstoffbelieferung zukunftsfähig sein. Die Rohstoffquellen für diese Kraftwerke (Gas und Kohle) versiegen wesentlich früher als die Rohstoffquellen für die Kernspaltanlagen.

Die Umweltschäden, auch die möglichen Einwirkungen auf das Klimageschehen, die mit dem Verzicht auf die Kernenergie verbunden sind, erscheinen mir als sehr bedenklich. Die von der Einrichtung solcher Systeme profitieren, werden diese Einflüsse herunterspielen.

Auch die Produktion von Treibstoffen aus Nahrungsmitteln ist kein guter Weg. Sie wirft mehr Profit ab als die Erzeugung der Nahrungsmittel allein und birgt schon von daher die Gefahr der rücksichtslosen Anwendung ohne moralische Bedenken.

---

De gustibus non est disputandum, und trotzdem sage ich, dass mein Empfinden für eine Windröderlandschaft ablehnend ist. Auch Stromtrassen sollten in ihrer Ausdehnung so gering wie möglich gehalten werden. Hinzu kommt, dass energieintensive Branchen an die Stromlieferung besonders hohe Anforderungen stellen und dorthin gehen werden, wo solche Gegebenheiten vorhanden sind und die Energie kostengünstig zu erhalten ist.

Abschließend will ich auf eine Gegebenheit hinweisen, die nun einmal Realität ist. Atomsprenköpfe sind in einer hohen Anzahl erzeugt worden, die die Möglichkeit der mehrfachen Vernichtung der Erde in sich trägt. Sie werden ständig auf Einsatzfähigkeit gehalten und erneuert. Es wäre ein Segen für die Menschheit, solche Aggregate in Kernspaltanlagen umzusetzen und der Energieerzeugung dienstbar zu machen.

## **Energiewende im Klimawandel**

**Karl-Heinz Bernhardt, MLS**

Im Rahmen der interaktiven Wechselwirkung zwischen der heutigen Entwicklung von menschlicher Gesellschaft und globalem Klima vollziehen sich auch Veränderungen der Energie- und Stoffwirtschaft im regionalen Maßstab in Wechselwirkung mit der atmosphärischen Umwelt. Der gegenwärtige, von natürlichen und zunehmend von anthropogenen Einflussfaktoren verursachte Klimawandel bringt neben langfristiger, schubweise verlaufender Erhöhung der globalen Mitteltemperatur an der Erdoberfläche, weltweitem Meeresspiegelanstieg und Änderungen weiterer globaler Klimaparameter vor allem Veränderungen der atmosphärisch-ozeanischen Zirkulationsverhältnisse und damit im regionalen Witterungsablauf, so in Zeitpunkt, Stärke, Häufigkeit und Andauer von Trockenperioden, Hitzewellen, Starkniederschlägen und anderer für die Gesellschaft relevanter Witterungsereignisse mit sich, die bei der Planung künftiger Versorgungssysteme zu berücksichtigen sind und die auch erhöhte Aufmerksamkeit in Szenarien der künftigen Klimaentwicklung erheischen. Andererseits belaufen sich Bereitstellung/Verbrauch von Primärenergie in der Bundesrepublik im landesweiten Mittel derzeit auf ca. 1 W/m<sup>2</sup>, im lokalen und regionalen Maßstab auf eine Zehnerpotenz mehr, was mit den Größenordnungen globaler atmosphärischer Energiezyklen, wie der Generation und Dissipation kinetischer Energie (ca. 5 W/m<sup>2</sup>), dem Strahlungsenergieumsatz an der Erdoberfläche (Größenordnung 100 W/m<sup>2</sup>), aber auch mit dem jetzigen anthropogenen Strahlungsantrieb an der Atmosphärenobergrenze (Größenordnung 1 W/m<sup>2</sup>) vergleichbar ist. Im Falle verstärkter Inanspruchnahme energetischer Ressourcen der Atmosphäre durch Wind- und Solarenergienutzung sind Auswirkungen auf atmosphärische Zustände und Prozesse im regionalen Maßstab zu erwarten, die nähere Erforschung erforderlich machen.

## **Geowissenschaftliche Aspekte der Endlagerung radioaktiver Abfälle**

**PETER KNOLL, MLS**

*(Abstract eines Vortrags, gehalten auf dem Kolloquium der Leibniz-Sozietät am 29.10.2010 in Berlin zum Thema „Montanwissenschaften – gestern und heute. Aktuelle Anforderungen der Montanwirtschaft“)*

Die Notwendigkeit der sicheren Endlagerung radioaktiver Abfälle erhält durch die Energiewende und den damit verbundenen beschleunigten Rückbau bestehender Kernkraftwerksanlagen eine erhöhte Bedeutung.

Der bevorzugte Weg der Entsorgung radioaktiven Abfalls ist weltweit die Endlagerung im tiefen geologischen Untergrund. In dieser Hinsicht besteht auch in Deutschland allgemeiner Konsens. Welche geologischen Formationen dazu genutzt werden können bzw. sollen, wird in den einzelnen Ländern unterschiedlich bewertet. In Deutschland war bisher Salzgestein der bevorzugte geologische Horizont für die Endlagerung, weil es einerseits in ausreichender

---

Menge und in geeigneter Form der Ablagerung vorkommt und gegenüber Tonstein einige gebirgsmechanische und stoffliche Vorteile hat (höhere Temperaturbeständigkeit, geringerer Aufwand für das Offenhalten der Hohlräume bei der Einlagerung). Andererseits hat es jedoch den bedeutenden Nachteil der Wasserlöslichkeit.

In Deutschland gibt es auf dem Gebiet der Endlagerung einen gut entwickelten Kenntnisstand und bereits einige Erfahrungen bei der Anlage großmaßstäblicher Objekte zur Erforschung der Bedingungen für die Endlagerung. Im Tongestein wurde das Endlager „Schacht Konrad“ für nicht Wärme entwickelnde radioaktive Abfallstoffe im Ergebnis eines aufwendigen Untersuchungs- und Genehmigungsverfahrens 2002 genehmigt. Der Standort wird derzeit als Endlager technisch hergerichtet.

Ebenfalls für niedrig- bis mittelaktive radioaktive (nicht Wärme erzeugende) Abfälle wurde bis zum Jahre 1998 das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) in einem bestehenden Salzbergwerk betrieben. Gegenwärtig läuft das Planfeststellungsverfahren für die langzeitsichere Stilllegung des ERAM; es befindet sich in der Phase der öffentlichen Erörterung der vorhandenen Stilllegungskonzepte.

Das längere Zeit als Forschungsvorhaben betriebene Versuchsendlager Asse II (ebenfalls in einem bestehenden Salzbergwerk eingerichtet) hat sich als nicht geeignet und deshalb als nicht genehmigungsfähig herausgestellt. Gegenwärtig werden Verfahren untersucht, wie dieses Objekt langzeitsicher geschlossen werden kann und ob dazu die bereits eingelagerten radioaktiven Abfallstoffe wieder aus dem Grubengebäude ausgelagert werden müssen. Schließlich werden seit vielen Jahren (mit Unterbrechungen) Forschungs- und Untersuchungsarbeiten zur Eignung des Salzstockes Gorleben als Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfallstoffe durchgeführt.

Im Gegensatz zu den anderen 3 Standorten, die alle bereits vorhandene unterirdische bergbauliche Grubengebäude für die Endlagerung bzw. für Eignungsuntersuchungen zur Endlagerung nutzen und damit bestimmten unveränderbaren Randbedingungen unterworfen sind, wurden am Standort Gorleben vollkommen neue unterirdische Hohlräume im vorgesehenen Salzstock zum Zwecke der Untersuchungen hergestellt und – im Falle eines positiven Eignungsnachweises – werden auch für die Endlagerung neue Einlagerungsgrubenbaue hergestellt, die ausschließlich für die Zwecke der Endlagerung bestimmt sind. Am Standort Gorleben ist eine sehr mächtige Salzgesteinsausbildung vorhanden, die grundsätzlich die Mindestanforderungen, die von den Dimensionen her an eine geologische Barriere zu stellen sind, erfüllt. Die geologische Ausbildung des Salzstockes ist jedoch durch einzelne Inhomogenitäten (steil stehende Anhydritblöcke, steil stehende geringmächtige Kaliflöze) gestört, die insbesondere im Zusammenhang mit der durch die Abfallstoffe erzeugten Temperaturfelder einer eingehenden Bewertung hinsichtlich der Gewährleistung der Langzeitsicherheit bedürfen. Die konkreten Deck- und Nebengebirgseigenschaften außerhalb des Salzgesteins sind so geartet, dass sie am Standort Gorleben keine zum Salzgestein redundante geologische Barriere bilden können.

Wenn auch der Kenntnisstand zum Barrieregestein Steinsalz in Deutschland sehr hoch ist, werden dennoch tiefgreifende Forschungsarbeiten durchgeführt (s. u.a. MINKLEY 2012), die sicher stellen sollen, dass für den Fall der Anlage von Endlagern im Salzgestein eine ausreichende und möglichst redundant abgedeckte Sicherheitsreserve zur Gewährleistung der Langzeitsicherheit gegeben ist.

Zusätzlich werden gegenwärtig in der Bundesrepublik Deutschland verstärkte Anstrengungen unternommen, auch alternative Endlagerstandorte im Steinsalz und in anderen Gesteinsformationen (in erster Linie im Tonstein) auf ihre Eignung zu untersuchen mit dem Ziel, einen Standort nachweisen zu können, der den sehr hohen Sicherheitsstandards für die Gewährleistung der Langzeitsicherheit ohne Einschränkungen gerecht wird.