

# **Impulspapier zur Expertenanhörung „Beschleunigung des Ausbaus der Höchstspannungsnetze“ am BMWI**

in Berlin am 8. Mai 2008

## *Ausbau der Stromtransportkapazitäten und leistungsstarke Integration erneuerbarer Energien als tragende Säule der Stromversorgung und eines konsequenten Klimaschutzes*

Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Gregor Czisch

### **Stromversorgung aus erneuerbaren Energien als Schlüssel zum Klimaschutz**

Allein die Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen verursacht weltweit fast die Hälfte der Emissionen des Klimagases Kohlendioxid aus fossilen Brennstoffen. Ihre CO<sub>2</sub>-neutrale Gestaltung stellt sich damit als Schlüssel zur Nachhaltigkeit dar.

### **Was ist möglich mit erneuerbaren Energien – Möglichkeiten durch internationale Kooperation**

Ein Lösungsweg stellt die Umstellung der Stromversorgung auf erneuerbare Energien dar. Dabei ist die entscheidende Frage, wie dies zu günstigen Kosten und schnell mit heutiger Technologie zu bewerkstelligen ist. Diese Frage wurde anhand verschiedener Szenarien\* einer weitgehend CO<sub>2</sub>-neutralen Stromversorgung für Europa und seine nähere Umgebung untersucht. Das Szenariogebiet erstreckt sich von Westsibirien bis Senegal.

In einem sehr konservativen Szenario – dem Grundszenario, in dem lediglich schon heute marktgängige Technologien zu heutigen Marktpreisen zum Einsatz kommen und zudem kein Zubau neuer Wasserkraftwerke vorgesehen ist – liegen die Stromgestehungskosten unter 4,7 € Cent pro Kilowattstunde (zugrundeliegender Realzinssatz 5%). Das sind bemerkenswert niedrige Kosten, die sich als Ergebnis einer mathematischen Optimierung des zukünftigen Versorgungssystems und damit auf möglichst objektive Weise ergeben. Die Ergebnisse versprechen also selbst bei den äußerst konservativen zugrundeliegenden Annahmen preiswerteren klimaschonend erzeugten Strom, als ihn heute die konventionelle Stromversorgung bereitstellt<sup>1</sup>.

Nach diesen Ergebnissen könnte ein Stromnetz, das sich über ganz Europa bis zu den Nachbarn in Afrika und Asien erstreckt, die Quellen der regenerativen Stromerzeugung miteinander verbinden und den Strombedarf im gesamten Gebiet decken. Eingespeist würde der Strom aus Wind- und Wasserkraft, Sonnenenergie oder Biomasse dort, wo die besten Potentiale zu finden sind und sich das – für die Bedarfsdeckung – beste gemeinsame zeitliche Erzeugungsmuster ergibt. Windenergie und Wasserkraft in Nordeuropa, Windstrom und Strom aus solarthermischen Kraftwerken in der Sahara, Biomasse in Zentraleuropa, Windenergie aus Nordrussland und Westsibirien. Ein wesentlicher Vorteil der großräumigen Nutzung der erneuerbaren Energien ist, dass die Vernetzung der verschiedenen Energiequellen die Schwankungen bei der Stromerzeugung aus Wind und Sonne ausgleicht. Deshalb kann im Grundszenario auch der größte Teil des Stroms aus der vergleichsweise kostengünstigen Windenergie bereitgestellt werden. Sie wird an den besten Standorten in und um Europa produziert und über ein leistungsstarkes Transportnetz in die Ballungsräume transportiert. Eine wesentliche Komponente dieser regenerativen Vollversorgung stellt auch die leistungsstarke Einbindung der Speicherwasserkraft in das Transportnetz dar, die verbleibende Erzeugungsschwankungen ausgleicht und so wichtige Beiträge zur bedarfsgerechten Stromversorgung leistet.

---

<sup>1</sup> Bei den heute üblichen Gaspreisen für Industriekunden in Deutschland kostet Strom rechnerisch selbst aus neuen effizienten Gaskraftwerken über 7 € Cent pro Kilowattstunde und auch an der Strombörse EEX wird selbst der billigste längerfristig gehandelte Strom teurer gehandelt.

Auch in einer Reihe weiterer Szenarien mit unterschiedlichen Annahmen für die zukünftigen technologischen und wirtschaftlichen Randbedingungen stellt sich der Stromtransport als ein Schlüssel zu einer klimagerechten Stromversorgung zu sozialverträglichen Kosten heraus.

### **Was ist zu tun?**

Auch wenn der „Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen“ (WBGU) – den Ergebnissen der wissenschaftlichen Arbeit entsprechend – Anfang 2007 in seinem Politikpapier 5 als technischen „Leuchtturm“ für Europa die Realisierung eines transeuropäischen Hochleistungsnetzes für elektrische Energie mit einer Übertragungskapazität im Bereich von 10 GW vorschlägt, ist es wahrscheinlicher und sinnvoller, dass ein solches Netz aus Einzelsystemen zusammenwächst, als dass es als Ganzes am Reißbrett entworfen und umgesetzt würde. Hierbei bietet sich an, die Teilsysteme so zu konzipieren, dass sie von Anfang an dem Zweck einer klimaverträglichen Stromversorgung dienen.

In der Ostsee-Region könnte die Strategie beispielsweise darin bestehen, ein leistungsfähiges Stromnetz zu etablieren, das die Nutzung der dortigen Ressourcen für die Region und später im interregionalen Verbund ermöglicht. Dieses Stromnetz könnte die Potentiale der Offshore- und Onshore-Windenergie in den Anrainerländern bündeln und so schon in sich einen gewissen Ausgleich der Erzeugungsschwankungen gewährleisten. Darüber hinaus könnte die Einbindung der nordischen Speicherwasserkraftpotentiale als Reserve zum Ausgleich der Erzeugungsschwankungen und Erzeugungslücken dienen. So wäre das „Teilsystem Ostseeraum“ schon durch die wesentlichen Charakteristika einer späteren regenerativen Vollversorgung geprägt und hervorragend als wesentlicher Bestandteil in das angestrebte Gesamtsystem integrierbar. Das Projekt sollte von Anfang an so realisiert werden, dass Vorteile für alle Beteiligten zu erwarten sind. Ein entsprechender Vorschlag wurde bereits auf dem Parlamentsforum Südliche Ostsee in Schwerin im Dezember 2007 unterbreitet.

Beim Hearing „Strom: Stromlücke und Stromimport“ der UREK-S Subkommission „Energiepolitik“ der Kommissionen für Umwelt, Raumplanung und Energie (UREK) des Nationalrats und des Ständerats der Schweiz wurde im April 2007 in Bern die Vermeidung von Versorgungslücken in der Schweiz durch Import von Offshore-Windenergie aus Europäischen Küstenländern diskutiert (explizit waren Frankreich und Deutschland im Gespräch). Diskussionsgegenstand war eine Kooperation in gegenseitigem Interesse, die eine Hybridisierung eines Systems aus Stromerzeugung aus Offshore-Windenergie und Schweizer Speicherwasserkraft als Lieferant schnell verfügbarer Back-Up-Leistung vermittelt durch Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung zwischen deren jeweiligen Standorten vorsah, mit Auskoppelstellen an verschiedenen Netzknoten in den beteiligten Ländern.

Schon die Kombination der beiden vorgestellten Ansätze weist in Richtung einer großräumigen internationalen Kooperation zur Nutzung regenerativer Energien, die durch eine Vielzahl ähnlicher Teilsysteme zusammenwachsen könnte. Bei einer Umsetzung der Teilsysteme muss allerdings von Anfang an auf deren technische Kompatibilität geachtet werden, um die internationale – bishin zur interkontinentalen – Kooperation über ein durchgängiges Stromtransportsystem zu gewährleisten.

### **Fragen der technischen Umsetzung des Übertragungs-Systems?**

Unter anderem in Form der Studien für das „East-West High Power Electricity Transmission System“ (HPTS) sowie der „Baltic Ring“ Studie liegen Arbeiten vor, die die Machbarkeit von HGÜ-Mehrpunktsystemen mit klassischer HGÜ-Technik belegen<sup>2</sup>. Zwar stand bei ihnen nicht die Nutzung der erneuerbaren Energien im Vordergrund, aber sie enthalten wesentliche grundsätzliche technische und wirtschaftliche Abklärungen. In der HPTS-Studie wurde für eine HGÜ-Trasse mit einer Länge von 1970 Kilometern von Wahle in Deutschland bis nach Smolensk in Russland die Machbarkeit unter technischen, juristischen, betriebswirtschaftlichen und energiewirtschaftlichen Gesichtspunkte detailliert bis zur Ausschreibungsreife untersucht. Projektpartner waren unter anderem die PreussenElektra und die VEAG. Das Technische Konzept sah eine HGÜ vor, ausgeführt als Doppel-Bipol-Freileitung mit  $\pm 500$  kV Übertragungsspannung, einer Übertragungsleistung von 4000

---

<sup>2</sup> Auch in der Praxis haben Mehrpunktsysteme schon zuvor ihre Einsetzbarkeit bewiesen. Das „Hydro Québec - New England“-System ist mit fünf Umrichterstationen entlang der Gleichstromleitung ausgestattet und wurde in dieser Konfiguration auch getestet, wird aber heute nur mit drei Stationen betrieben. Mit drei Umrichterstationen wird seit weit mehr als einem Jahrzehnt auch die HGÜ „Sardinian-Corsican-Italian Interconnection“ (SaCoI) betrieben.

MW und insgesamt sieben Umrichterstationen verteilt über die Übertragungsstrecke. Das Geschäftsmodell beruhte unter anderem auf der Vermeidung der Installation von Spitzenlastkraftwerken durch Ausgleichseffekte, die im verbundenen Versorgungsraum zu einer Verringerung der Lastspitzen geführt hätten und machte eine bidirektionale Betriebsweise aller Umrichterstationen notwendig, wie sie auch für einen erneuerbaren Stromverbund zur Anwendung käme.

Im Zeitraum der Erstellung der Studien zum Baltic Ring und zum HPTS gab es mit der von Siemens neu entwickelten Methode, der "Combined and Coordinated Control Method (CCCM)" eine Innovation für das Management von Multiterminal-HGÜ-Systemen, die einen Betrieb komplexer HGÜ-Systeme ohne "Master-Controller" (zentrale Steuerung) ermöglicht, damit den Betrieb komplexer vermaschter HGÜ-Systeme erheblich vereinfacht und nach der davon ausgegangen werden kann, dass der Anzahl der Konverterstationen in einem HGÜ-System kaum technische Grenzen gesetzt sind. Damit sind alle technischen Voraussetzungen für ein internationales HGÜ-Overlay-Netz gegeben.

Die konventionelle HGÜ wurde in jüngster Zeit bis zu Spannungen von  $\pm 800$  kV weiterentwickelt und kann auch in dieser – für den Ferntransport über große Entfernungen – vorteilhaften Spannung als marktverfügbar angesehen werden. Ein erstes System mit  $\pm 800$  kV soll im Jahre 2010, drei Jahre nach Vertragsunterzeichnung mit einer Leistung von 5000 MW und einer Transportdistanz von 1400 Kilometern in China den Betrieb aufnehmen. Die kurze Frist unterstreicht die schnelle Umsetzbarkeit von entsprechenden Systemen.

Einige technische Vorteile gegenüber der klassischen HGÜ böte eine jüngere HGÜ-Technologie, die auf IGBT-Technik beruht und unter Namen wie „HGÜ light“ und „HGÜ plus“ firmiert. Sie ist bisher aber nur bis zu Spannungen von etwa 300 kV entwickelt und bietet sich so nicht für den Zweck eines internationalen Supernetzes an. Allerdings ist die Entwicklung zu höheren Spannungen bei der IGBT-HGÜ schnell vorangeschritten, weshalb die Frage nach einer eventuellen baldigen Einsatzfähigkeit auch in Spannungsbereichen der heutigen klassischen HGÜ geklärt werden sollte. Die relativ hohen Verluste der Umrichter der IGBT-HGÜ werfen die Frage nach Möglichkeiten zu deren Reduktion auf. Beide Fragen sollten mit den Herstellern geklärt werden.

Insgesamt kann gefolgert werden, dass es hinsichtlich eines sofortigen Einsatzes der HGÜ-Technologie keine grundsätzlichen Fragen mehr zu beantworten gibt und gleichzeitig eventuell anstehende technische Innovationen die Ausgangslage noch verbessern könnten. Einem schnellen Beginn der Umsetzung einer kooperativen internationalen Nutzung erneuerbarer Energien steht mit der HGÜ eine einsatzbereite Technologie zur Verfügung.

Es ist auch denkbar, die Transportaufgaben für eine derartige Kooperation durch Systeme mit extrem hochgespanntem Drehstrom zu bewältigen. Kostenvergleiche eines 1150 kV Drehstromsystems mit einem – als Bipol ausgeführten – HGÜ-System mit  $\pm 800$  kV Übertragungsspannung legen aber doppelt so hohe entfernungs-spezifische Kosten des Drehstromsystems nahe. Dies schlägt insbesondere bei sehr großen Übertragungsentfernungen zu Buche, wie sie bei einem Europäisch/Transeuropäischen Supernetz zur Nutzung erneuerbarer Energien zu bewältigen wären.

Ein Ausbau der 400 kV Drehstromübertragung, die in Westeuropa heute als Übertragungsnetz im Einsatz ist, ist für die anvisierte Kooperation nicht zielführend. Eine stetige Anpassung des bestehenden Drehstromsystems muss langfristig zu einer falschen Konfiguration des Transportsystems führen und dies nicht nur im Hinblick auf die großräumige internationale Vernetzung sondern selbst bei rein nationaler Versorgungsstrategie, die beispielsweise auf die leistungsstarke Nutzung der Offshore-Windenergie setzt. Wird das bestehende Drehstrom-Übertragungssystem sukzessive ausgebaut ohne früh schon effizientere Transporttechnologien zu integrieren, werden als zwingende Folgen eine vielfach größere Zahl von Transporttrassen, ein vielfacher Flächenverbrauch und wesentlich höhere Kosten resultieren<sup>3</sup>. Daher ist es dringend geboten von Anfang an effizientere Übertragungstechniken in die Überlegungen und konkreten Planungen des Netzausbaus einzubeziehen, um schwerwiegende Fehlallokationen zu vermeiden und wichtigen Zukunftsoptionen nicht den Weg zu verstellen. Der Aus- oder Umbau des bestehenden Drehstromsystems muss unter dem Vorbehalt des Ein-

---

<sup>3</sup> Dies kann aber keinesfalls bedeuten, dass der kurzfristig notwendige Ausbau des Drehstromsystems – beispielsweise zur Integration neuer Kapazitäten zur Verstromung von Windenergie – zurückgestellt werden sollten, bis übergeordnete Konzepte ausgearbeitet und umgesetzt worden sind. Allerdings sollte die Übergangsphase zur umfassenden Ausbaustrategie möglichst kurz gehalten werden.

satzes effizienterer Übertragungstechnologien optimiert werden. Dies fordert auch die Energiewirtschaft heraus, sich mehr um die langfristige und zukunftsfähige Ausrichtung der Stromversorgung zu kümmern<sup>4</sup>.

Im Zusammenhang mit der Frage der Gestaltung des zukünftigen Transportsystems wird auch vielfach die Frage nach den Vor- und Nachteilen der kabelgebundenen Übertragung gegenüber der Übertragung mit Freileitungen aufgeworfen. Eine klare Antwort hinsichtlich der Kosten kann derzeit bei hohen Übertragungsspannungen – wie sie für den Ferntransport nötig sind – gegeben werden. Die Kosten für Kabelsysteme liegen hier bei einem Vielfachen der Kosten von Freileitungssystemen. Unter dem Kostengesichtspunkt, der ja auch immer eine soziale Dimension beinhaltet, sind Freileitungen eindeutig zu präferieren. Aber auch unter Umweltgesichtspunkten erscheinen eventuelle Kabellösungen nicht unproblematisch.

### **Welche Schritte sollten erfolgen?**

Zur Umsetzung einer zukunftsfähigen großräumigen Stromversorgung scheinen folgende Schritte zielführend:

- 1.) Überarbeitung der Versorgungsstrategie: Keine langfristige Festlegung auf fossile Energien, dagegen frühzeitiges Setzen auf massiven Ausbau erneuerbarer Energien z.B. durch internationale Offshore-Wind-Wasserkraftkooperation in hybridisierten Systemen vermittelt durch geeignete Transportsysteme.
- 2.) Ausarbeitung entsprechender Teil-Projekte bis hin zur Umsetzungsreife unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten.
- 3.) Einbezug der Teilprojekte in die Netz-Ausbaustrategien und Koordination der Teilprojekte.
- 4.) Stetige Identifikation der verschiedenen Interessenlagen möglicher Beteiligter.
- 5.) Stetige Identifikation von möglichen Umsetzungshemmnissen.
- 6.) Stetige Identifikation geeigneter und notwendiger politischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen, auch zielführender Finanzierungsinstrumente.
- 7.) Unterbreitung entsprechender Vorschläge an Partner aus Politik und Wirtschaft.
- 8.) Setzung oder ggf. Einforderung der Setzung der notwendigen Rahmenbedingungen. Darunter deutliche Erleichterung und Beschleunigung des Ausbaus von Übertragungsnetzen, insbesondere auch von internationalen Overlay-Netzen.
- 9.) Diskussion der Zukunftsoptionen auf allen relevanten gesellschaftlichen und politischen Ebenen.

In allen Planungs- und Umsetzungsphasen sollte die Option der großräumigen internationalen Vernetzung mit anderen Ländern immer mitberücksichtigt werden, um suboptimale Lösungen für das Transeuropäische Supernetz, also das Gesamtsystem, zu vermeiden. Die oben genannten Schritte – ebenso wie andere evtl. notwendige vorbereitende Maßnahmen – sind nicht seriell abzuarbeiten sondern möglichst parallel voranzutreiben und zu konkretisieren, gegebenenfalls auch zu erweitern.

\* Zu den Szenarien siehe G. Czisch; *Szenarien zur zukünftigen Stromversorgung - Kostenoptimierte Variationen zur Versorgung Europas und seiner Nachbarn mit Strom aus erneuerbaren Energien*, Universität Kassel, 2005, verfügbar über: <https://kobra.bibliothek.uni-kassel.de/handle/urn:nbn:de:hebis:34-200604119596>

---

<sup>4</sup> Die wirklich langfristige Ausrichtung der Firmenpolitik der Versorgungsunternehmen ist bei diesen aber oftmals nicht oberste Priorität. So betonte beispielsweise Dr. Gert Schwarzbach (Vattenfall Europe Transmission GmbH) auf dem Parlamentsforum Südliche Ostsee in Schwerin im Dezember 2007, dass er sich als Vertreter eines Energieversorgungsunternehmens „heutigen“ Aufgaben stärker verpflichtet fühle als „zukünftigen“ und verwies Teile der Verantwortung in den Bereich der Politik.

Wenn die entscheidenden Weichenstellungen für eine zukunftsfähige Infrastruktur aber nicht von der Energiewirtschaft vorgenommen werden können, könnte es eine notwendige konsequente Entscheidung sein, dass man Bau und Betrieb von Übertragungsnetzen und von sonstigen notwendigen Elementen einer zukunftsfähigen Versorgungsstruktur ggf. in andere Hände legt, oder die Rahmenbedingungen so gestaltet, dass die Energieversorger durch Anreize oder klare Regeln zur Bewältigung der anstehenden Zukunftsaufgaben befähigt oder angeleitet werden und entsprechender Kontrolle unterliegen.