

Energieversorgung der Zukunft

Risiken und Chancen

Abstract

Energy Supply of the Future Risks and Chances

Two problem areas are making the energy supply of the future – especially the electrical energy supply – a challenge. The first one is the restricted availability of the fossil primary energies carriers gas, oil and coal and the second one is the production of CO₂-gas by combustion of these carriers resulting in the so-called Green House Effect with the rise of earth temperature. The coal hereby has the longest availability – serious estimations result in nearly 300 years duration – but the oil and gas capacities are restricted and will come to an end in the next generation. Because of the fact that electrical energy supply worldwide is mainly based on coal, especially here efforts are necessary to reduce the CO₂-production. Only this strategy helps to be able to use coal for a long lasting period. For this reasons for the electrical energy supply of the future the following strategies have to be taken seriously into account. For the short period duration the available renewable energies e. g. wind power have to be explored and integrated in the existing system. For the medium period duration the coal based electrical energy supply has to be transformed to a CO₂ reduced production. For the long period duration these measures will not be sufficient to supply a then ten billion population of the world appropriately with electrical energy. Here the nuclear fusion technology will become necessary which will be applicable industrially in 2040 as experts expect. The VGB PowerTech e.V. with his committees on "Fossil Fired Power Plants" and "Renewable Energies/Decentralised Production" is still dealing with these problems and tries to find long-term and strategic solutions for the operation of CO₂-reduced coal as well as renewable energy power plants.

Einleitung

Bis gegen Ende der 90-er Jahre waren die Themen Energie und Energieversorgung in der breiten öffentlichen Wahrnehmung – abgesehen vielleicht beim Benzinpreis – von eher untergeordneter Bedeutung. Energie war einfach da, und die Beschäftigung damit wurde den mehr im Verborgenen arbeitenden

Energietechnik-Ingenieuren überlassen. Besonders an den Universitäten war dieser Umstand gravierend bemerkbar, weil sich die Mehrzahl der Studienanfänger entweder schon gar nicht mehr für ein Ingenieurstudium interessierte oder wenn, dann hauptsächlich für die „modernen“ Gebiete der Informations- und Kommunikationstechnik. Standardsatz der wenigstens noch am Ingenieurwesen interessierten Schulabgänger war und ist: „Ich will was mit Computern machen!“

Seit einigen Jahren aber hat sich in der breiten öffentlichen Meinung ein Sinneswandel bemerkbar gemacht. Energie generell und die Versorgung damit sind zu Themen geworden, welche nicht nur einfache Aufmerksamkeit genießen, sondern vielmehr bereits ein Gefühl der Sorge auslösen. Das bedeutet zwar nicht, dass sich nun auch mehr Schulabgänger ernsthaft mit dem Gedanken an ein Studium auf dem Gebiet der Energietechnik beschäftigen, aber eine Trendwende im Stellenwert in der öffentlichen Diskussion ist deutlich erkennbar. Woran liegt das? Zwei Erkenntnisfelder sind hier als dominierend auszumachen. Zum einen die sich langsam durchsetzende Einsicht über die Endlichkeit der fossilen Energieträger und zum anderen die Ahnung der möglicherweise heraufdämmernden Gefahr eines Klimawandels aufgrund des bislang weltweit ungezügelt CO₂-Ausstoßes. Genau diese beiden Erkenntnisse machen den Unterschied zu der Energie-Gemütlichkeit des zu Ende gegangenen letzten Jahrtausends aus und führen dazu, dass Energie in der breiten Diskussion zu solch einem Topthema geworden ist, dass selbst bislang eher unbeteiligte Zeitgenossen diese Problemfelder wahrzunehmen beginnen. Das geht sogar so weit, dass das vermutete Gefährdungspotential der Kernkraft bei

vielen bislang eher kernkraftkritisch eingestellten Menschen im Lichte der durch den CO₂-Ausstoß entstehenden Klimagefahr zu verblissen beginnt. Was für ein Wandel!

Wenn man nun diese Problemerkennnisse hat, muss man sich fragen, was die treibenden Kräfte hinter diesen Entwicklungen sind und wie man bereits heute dazu beitragen kann, dass zukünftige Generationen mit diesen Problemen fertig werden können. Dieser Fragestellung räumt auch die VGB PowerTech e.V. höchste Priorität ein, weil die Antworten direkten Einfluss auf den Kraftwerksbau in Deutschland in den nächsten 20 Jahren haben. Im VGB-Flyer „Zahlen und Fakten zur Stromerzeugung 2005“ sind die wesentlichen Randbedingungen dargestellt, die bei der Lösung dieser Probleme eine entscheidende Rolle spielen.

Entwicklung des weltweiten Energiebedarfs

Als eine treibende Kraft ist natürlich in erster Linie der Bevölkerungsanstieg weltweit zu sehen mit der allein schon daraus resultierenden Energiebedarfssteigerung. Aber auch die rasante Entwicklung der Volkswirtschaften in Asien spielt hier eine entscheidende Rolle. Und nicht zu vergessen natürlich auch der weiterhin enorme Energieverbrauch in Europa und speziell in Nordamerika.

In Bild 1 ist die Verteilung des weltweiten Energiebedarfs nur für Beleuchtungszwecke in einem Nasa-Satellitenbild dargestellt. Darin erkennt man leicht die „reichen“ Regionen USA, Europa, Japan und Südkorea sowie auch den „armen“ Kontinent Afrika. Auch die aufstrebenden Nationen Indien und China



Bild 1. Erde bei Nacht (<http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap001127.html>).

Autor

Professor Dr. Harald Weber
Universität Rostock,
Fakultät für Informatik und Elektrotechnik,
Institut für Elektrische Energietechnik,
Rostock/Deutschland.

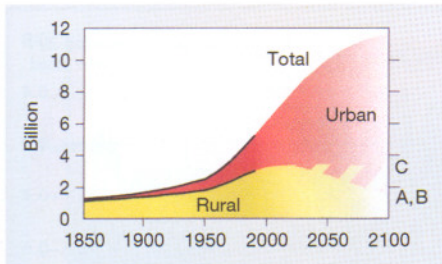


Bild 2. Bevölkerungsentwicklung und Verstädterung.

sind allein schon an ihrer Lichtstärke auszumachen. Dieses Bild zeigt drei Dinge. Einmal wollen die reichen Regionen natürlich ihren Energiestandard halten und zum anderen wollen die aufstrebenden Länder Asiens diesen Standard erreichen. Und die armen Länder wollen zumindest nicht so arm bleiben wie sie heute sind. Schaut man sich dann noch die in Bild 2 dargestellte UN-Prognose über die Bevölkerungsentwicklung und die Verstädterung auf der Erde an, dann ist leicht einzusehen, dass der Energiebedarf noch drastisch ansteigen muss. Bezogen auf 2002 wird bis zum Jahr 2020 nach VGB-Angaben der Energiebedarf allein für die Stromerzeugung in Europa um 50 % von 3000 TWh auf 4500 TWh und weltweit um 100 % von 15 000 TWh auf 30 000 TWh anwachsen [1].

Aber auch die schöne neue Welt des Internets wird wesentlich zum Verbrauchsanstieg beitragen, obwohl sie doch lange Zeit als Ökofortschritt gelobt wurde. Etwa, weil Mails nicht nur Papier sparen, sondern auch den Transport der Briefe vermeiden. Doch der Mythos wankt – immer deutlicher wird inzwischen, dass man sich mit dem Internet einen veritablen Stromverbraucher heranzüchtet [2]:

- 2003 werden mehr als 2 % des deutschen Stromverbrauchs für das Internet verwendet.
- Anstieg des Stromverbrauchs für das Internet von 2000 auf 2001: 36 %.

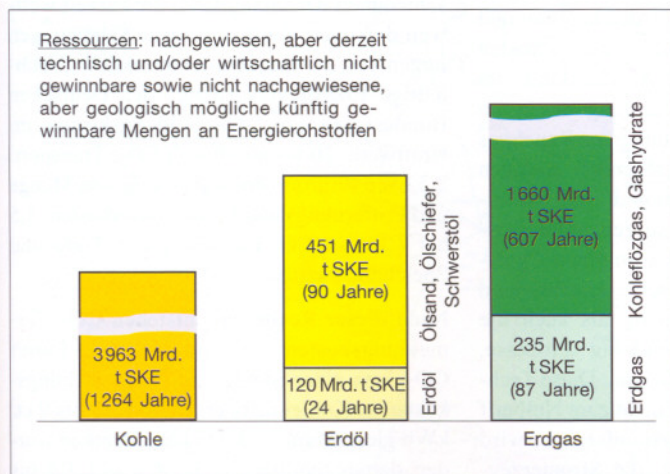


Bild 4. Primärenergieressourcen (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe).

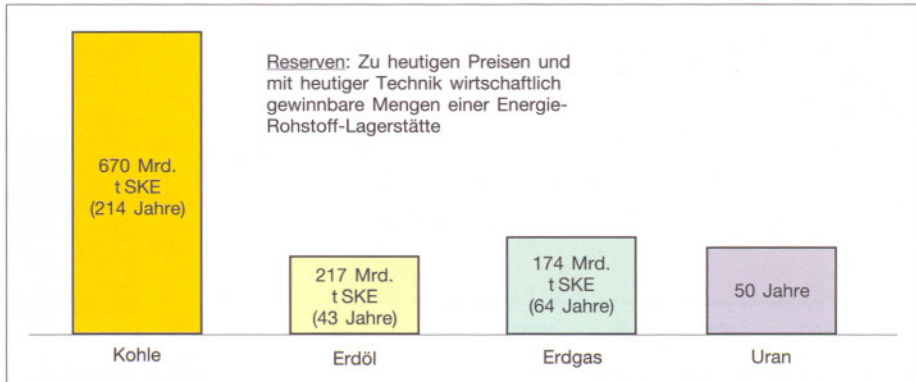


Bild 3. Primärenergiereserven (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe).

- In den USA liegen die Werte bereits höher: bis zu 8 % des Stromverbrauchs für das Internet.
- Bis 2010 wird Anteil in USA weiter steigen bis zu 50 %!
- Prognosen in Deutschland bis 2010: Betrieb des Internets benötigt die Produktion von drei 1300-MW-Kraftwerken.

Folgende Aussagen und Prognosen werden deshalb mit einiger Wahrscheinlichkeit für den zukünftigen Energiebedarf zutreffen:

- Der Anstieg der Weltbevölkerung, zunehmende Verstädterung, Wirtschaftswachstum und die neuen Technologien sind die wichtigsten Determinanten des Energie- und Stromverbrauchs.
- Eine ausreichende Versorgung mit Strom ist eine Grundvoraussetzung für eine positive wirtschaftliche und soziale Entwicklung (Vermeidung von Migration und Militärkonflikten).
- In Zukunft wird die Nachfrage nach Energie weltweit erheblich steigen. In der Vergangenheit ist dieser Anstieg mit 2 % pro Jahr erfolgt. Das hätte eine Verdoppelung der Nachfrage in 35 Jahren zur Folge.

- Bislang wird dieser Energiebedarf zu 90 % durch fossile und nur zum geringen Teil durch nukleare und regenerative Energieträger gedeckt, was nicht zukunftsverträglich ist.

Reichweiten fossiler Energieträger und das CO₂-Problem

Betrachtet man die in den Bildern 3 und 4 dargestellten bislang bekannten Reichweiten der fossilen Energieträger [3], so kann man unschwer erkennen, dass allein die Kohle noch eine in die Zukunft tragende Versorgungssicherheit garantieren kann. Die Prognosen der Ressourcen sind natürlich unsicher und machen keine Aussage darüber, zu welchem Preis man diese Energien dann auch tatsächlich beziehen kann. Öl, Gas und Uran werden dennoch wohl in spätestens zwei Generationen keine entscheidende Rolle mehr spielen. Deutschlands heutiger Energiemix, welcher fast zu 60 % auf Öl und Gas basiert, kann daher sicher kein Zustand auf weitere Dauer sein.

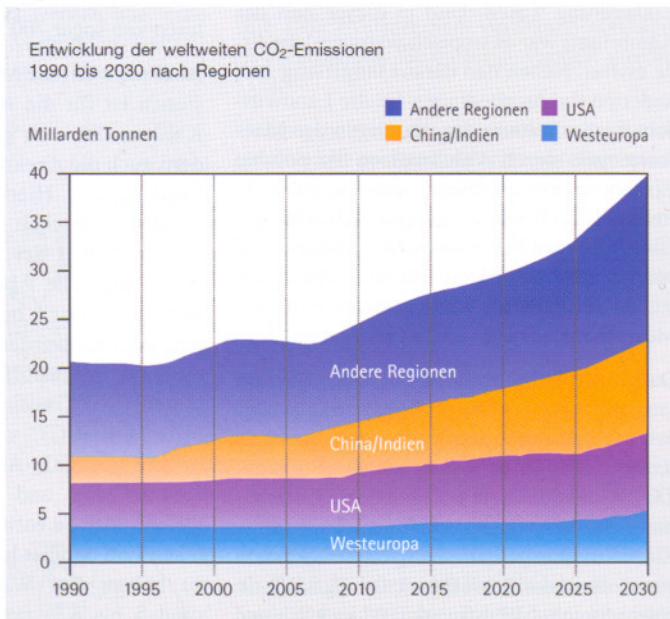


Bild 5. Erwarteter CO₂-Ausstoß weltweit bis 2030 (VGB, Energy Information Administration).

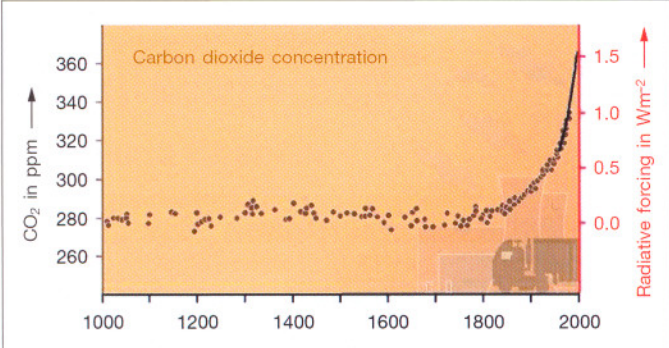


Bild 6. CO₂-Konzentration bis 2000 (Intergovernmental Panel on Climate Change).

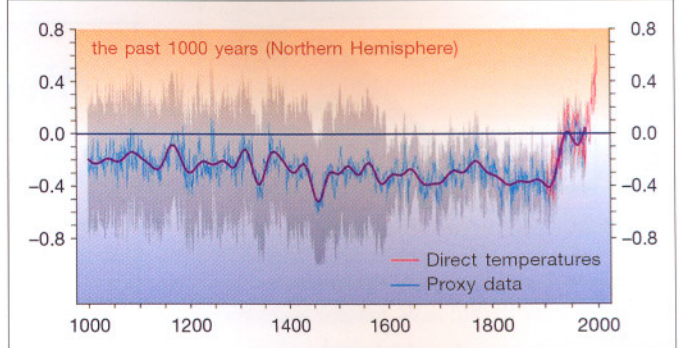


Bild 7. Temperatur der nördlichen Hemisphäre bis 2000 (Intergovernmental Panel on Climate Change).

Seit zudem vermutet wird, dass der CO₂-Ausstoß eine Ursache der Klimaveränderung ist, wird diese Emission deutlicher wahrgenommen. 1994 betrug die Gesamtemission Deutschlands 897 Mill. t, wobei 314 Mill. t nur aus der Stromproduktion stammten. Bis 2002 konnte dieser Wert um 19 % reduziert werden, wobei das Kyoto-Ziel bis 2008 – 21 % beträgt. Allerdings werden diese Bemühungen bei weltweiter Betrachtung durch die Emissionen Asiens und Nordamerikas wieder aufgehoben (Bild 5), [4].

Im Ergebnis steigt die CO₂-Konzentration gemäß Bild 6 weltweit an, was aller Wahrscheinlichkeit nach seit der Industrialisierung zu dem in Bild 7 dargestellten anthropogenen Temperaturanstieg geführt hat [5]. Allerdings gibt es auch Zweifel an dieser Theorie, weil auch andere Gase einen Treibhauseffekt hervorrufen können und deshalb ein eindeutiger Zusammenhang nur über lange Zeitperioden feststellbar ist [6]. Dennoch ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass die erneute Freisetzung des in Jahrmilliarden von den Pflanzen eingelagerten CO₂-Gases die Temperaturverhältnisse der Erde annähernd wieder so herstellen wird, wie sie vor der Einlagerung waren. Und in dieser Zeit des Kambriums war es tropisch warm und die Erde eisfrei. Neben den daraus langfristig veränderten Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft ist vor allem das Ansteigen des Meeresspiegels durch Abschmelzen der polaren Eiskappen ein Problem, weil es dabei in tiefer liegenden Regionen zu weiträumigen Überflutungen kommen wird. Langzeitmessungen über die letzten 300 Jahre der Industrialisierung haben bereits einen mittleren Meeresspiegelanstieg von 20 cm ergeben [5].

Da bei der Stromproduktion die Kohle noch lange Zeit der wichtigste Energieträger bleiben wird, ist deshalb das CO₂-arme bis -freie Kraftwerk eine unbedingte Notwendigkeit. CO₂-Reduktion kann am ehesten durch Erhöhung des Wirkungsgrades erreicht werden. Eine Wirkungsgraderhöhung um 5 % kann in einem Braunkohlekraftwerk 0,1 kg/kWh, in einem Steinkohlekraftwerk 0,07 kg/kWh und in einem Erdgaskraftwerk 0,03 kg/kWh CO₂ einsparen. Das schlägt sich auch in den spe-

zifischen CO₂-Vermeidungskosten nieder, die bei Kohlekraftwerken nur bei 15 bis 20 Euro/t CO₂, bei Windkraft jedoch bei 70 bis 90 Euro/t CO₂ liegen [7]. Da allein in der EU bis zum Jahr 2020 2400 TWh Kraftwerkskapazität durch Ersatz und Zuwachs neu gebaut werden müssen, ergibt sich hier die günstige Möglichkeit, derartige Kraftwerke mit hohen Wirkungsgraden auch tatsächlich zu errichten [8].

Der durchschnittliche Wirkungsgrad weltweit liegt heute bei 30 %. Würden alle fossilen Kraftwerke mit der bereits heute möglichen Technik betrieben, so wäre alleine schon dadurch eine CO₂-Reduktion um 35 % möglich [9]. Bei Anwendung fortschrittlicher Technologien wie dem so genannten „Ultra-Supercritical“-Kraftwerk mit Frischdampfparametern von 285 bar und 600 °C sind bereits Wirkungsgrade von über 50 % möglich, was eine Reduktion des CO₂-Ausstoßes um weitere 10 % ermöglicht. Im Kraftwerk Scholven wird darüber hinaus im Rahmen des Gemeinschaftsforschungsprojekts „Comtess 700“ die Anwendung neuer, temperaturbeständiger Materialien für die nächste Generation von Kohlekraftwerken mit Frischdampftemperaturen von sogar 700 °C erprobt.

Aber nicht nur die Minderung der CO₂-Emissionen ist für die weitere Verwendung der Kohlevorräte von großer Wichtigkeit, sondern auch die direkte CO₂-Abscheidung und Deponierung. Hierbei muss unterschieden werden zwischen der Abscheidung im Rauchgas und der Abscheidung direkt im Brennstoff. Die Abscheidung im Rauchgas kann auch noch bei bestehenden Anlagen nachgerüstet werden, während die Abscheidung im Brennstoff den so genannten Integrated Coal Gasification Combined-Cycle-Prozess (IGCC) voraussetzt. Hierbei sind sowohl die CO₂-Abtrennung als auch die Kompression und Speicherung Prozesse, welche noch zu entwickeln sind. Diese Techniken sind darüber hinaus nicht zum Nulltarif zu haben. Der Wirkungsgradverlust wird rund 5 bis 8 % betragen, die Stromerzeugungskosten werden etwa 20 % höher liegen als bei einem konventionellen Kraftwerk,

und die CO₂-Abscheidungskosten werden 20 bis 60 Euro/t CO₂ betragen.

Nach der Abscheidung muss die Deponierung folgen. Hier sind jedoch über die Langzeit-Machbarkeit nahezu keine Aussagen möglich, obwohl die unterirdische Speicherung von Kohlendioxid bereits heute technisch möglich ist. Das beweist der norwegische Energiekonzern Statoil, der auf einer Erdgasplattform in der Nordsee (Sleipner Gasfeld) seit Jahren das CO₂ aus dem geförderten Erdgas abtrennt und in eine poröse, rund 1000 m tief liegende Sandsteinschicht verpresst.

Die plötzliche oder schleichende Freisetzung von CO₂ jedoch kann für Mensch und Umwelt mit erheblichen Risiken verbunden sein. Bevor die Deponierung im Untergrund daher ernsthaft zur Reduktion dieses Klimagases erwogen wird, muss umfangreiche Forschungsarbeit zur Sicherheit dieser Technologie durchgeführt werden.

Ein weiterer entscheidender Faktor ist ebenfalls erst unzureichend bekannt: die wirtschaftliche Machbarkeit. Eine verlässliche Kalkulation, die die Kosten für die Abscheidung im Kraftwerk, den Transport und die Endlagerung einschließt, ist aufgrund vieler Unsicherheitsfaktoren bis heute nicht möglich. Entsprechend stark variieren die verschiedenen Kostenmodelle, die zurzeit weltweit diskutiert werden. Jüngste Schätzungen liegen von der Enquête-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ des Deutschen Bundestages vor. Abscheidungskosten im Kraftwerk: 20 bis 60 Euro/t CO₂; Transport: 2,5 bis 6 Euro/t (Preis abhängig von Menge und Entfernung) und Einlagerungskosten: 1,5 bis 7 Euro/t CO₂ (abhängig von Tiefe und Speicherkapazität).

Nach dieser Rechnung entstehen CO₂-Vermeidungskosten von rund 40 bis 80 Euro/t CO₂, was einer Steigerung der Gestehtungskosten in Kohlekraftwerken von 3,5 bis 9 ct/kWh gleichkommt. Bei Gaskraftwerken würden demgegenüber die Kosten mit 1,4 bis 4 ct/kWh zu Buche schlagen. Fazit: Zum augenblicklichen Zeitpunkt und mit der beste-

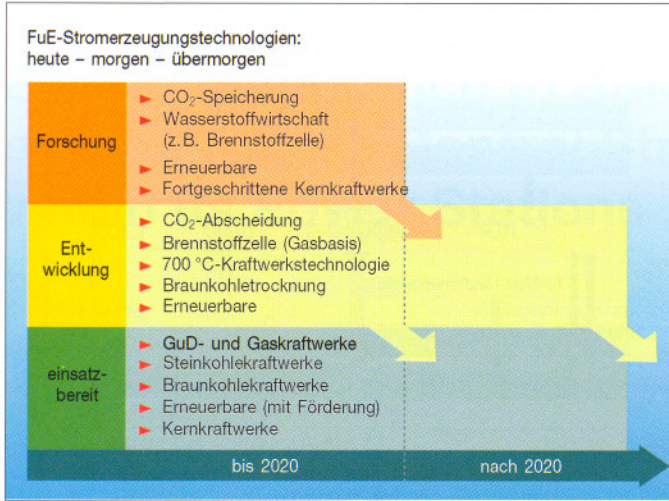


Bild 8. Zeitschiene moderne konventionelle Kraftwerke (VGB).

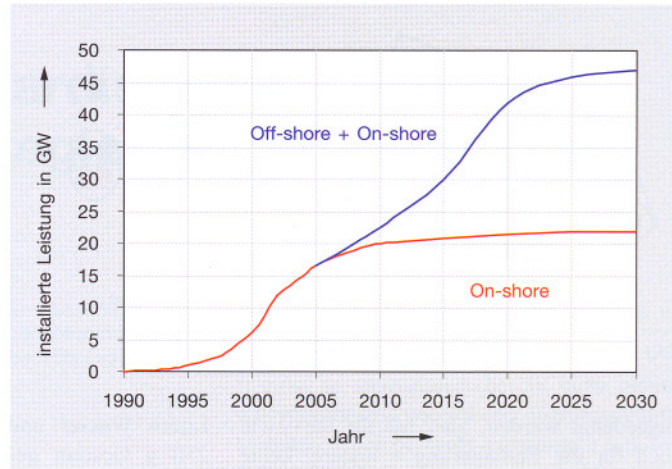


Bild 10. Prognostizierte Entwicklung der Windenergie in Deutschland (Deutsches Windenergie-Institut).

henden Technologie wäre eine CO₂-Abscheidung und Deponierung in großem Maßstab ausgesprochen kostspielig und nur bedingt wirtschaftlich [10].

In Bild 8 sind die Zeithorizonte dargestellt, welche sich bezüglich der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für die CO₂-reduzierte konventionelle Stromerzeugung aus Sicht der VGB ergeben. Hierbei wird auch deutlich, dass die Ingenieurausbildung an deutschen Hochschulen wieder deutlich Priorität erfahren muss, damit die Fachkräfte zur Verfügung stehen, die diese Probleme angehen sollen.

Umstellung der Energieversorgung

Die Endlichkeit der fossilen Energieträger sowie die CO₂-Problematik führen dazu, dass die Energieversorgung mittel- bis langfristig vollkommen auf Sonnenenergie und nukleare Energie umgestellt werden muss. Sonnenenergie ist dabei nicht nur Photovoltaik und Solarthermie, sondern natürlich auch Wasser-

kraft und Windenergie sowie in geringerem Umfang auch Wellenkraft und Biomasse. Die Wasserkraft ist in Deutschland bereits vollständig ausgebaut, während die Windenergie erst am Anfang ihres Potentials steht. In Bild 9 ist der geplante Ausbau der Off-shore-Windparks in Deutschland bis zum Jahr 2030 dargestellt und in Bild 10 die dabei geplante installierte Leistung von etwa 50 GW [11]. Im Jahre 2004 betrug die maximale Verbraucherlast in Deutschland 74 GW. Weil der Wind bläst, wie er will, können jedoch nur 6 % (3 GW) der installierten Windleistung als gesicherte Leistung betrachtet werden.

In der Ostsee steht die letzte Genehmigung für die beiden Offshore-Windparks Baltic I (vor Fischland/Darß) und Kriegers Flak (vor Rügen) bereits unmittelbar vor dem Abschluss. Baubeginn für Baltic I soll spätestens Anfang 2008 sein. Ein Jahr später sollen die Arbeiten am Windpark Kriegers Flak beginnen. Die beiden Parks werden über eine Kabeltrasse miteinander verbunden. Baltic I soll aus 21 Windrädern mit einer Leistung

von insgesamt bis zu 78 MW bestehen; die 80 Anlagen beider Windparks produzieren dann 398 MW.

Momentan wird die Windleistung noch direkt in das elektrische Energieversorgungsnetz eingespeist, was für die konventionellen Regelkraftwerke bereits einen erheblichen Regelaufwand bedeutet. Zukünftig jedoch macht die Windenergieeinspeisung in großem Umfang nur dann Sinn, wenn die Windenergie in Speichern zwischengelagert oder aber direkt in den lager- und transportierbaren Energieträger Wasserstoff umgewandelt wird. Das hätte dann auch den großen Vorteil, dass damit der Mobilitätssektor direkt versorgt werden könnte.

Als Speicher würden sich in Deutschland adiabate Druckluftspeicher in unterirdischen Salzstöcken anbieten, weil gerade die windführenden Küstenregionen derartige geologische Besonderheiten aufweisen. Die gespeicherte Energie könnte dann jederzeit wieder mit Druckluftturbinen verbrauchsabhängig in elektrischen Strom umgewandelt werden [12].

Pumpspeicherkraftwerke sind für diese Aufgaben nicht geeignet, da während einer windstillen Woche hunderte Anlagen vom Typ „Goldisthal“ mit einer Speicherkapazität von 8,5 GWh erforderlich wären, um ein überwiegend aus Windenergie versorgtes deutsches Netz zu speisen, was natürlich nicht möglich ist.

Nukleare Energie kann durch Kernspaltung (Fission) oder Kernverschmelzung (Fusion) gewonnen werden. Eigentlich handelt es sich bei der Fusion auch um eine Art Sonnenenergie, da die Sonne selbst ebenfalls ein gigantischer Fusionsreaktor ist. Die Fission ist an Uran gebunden und hat deshalb natürlich auch das Problem der Reichweite der Uranvorkommen, welches auf 50 Jahre geschätzt wird. Zwar könnte diese Reichweite durch die Schnelle-Brüter-Technologie erheblich

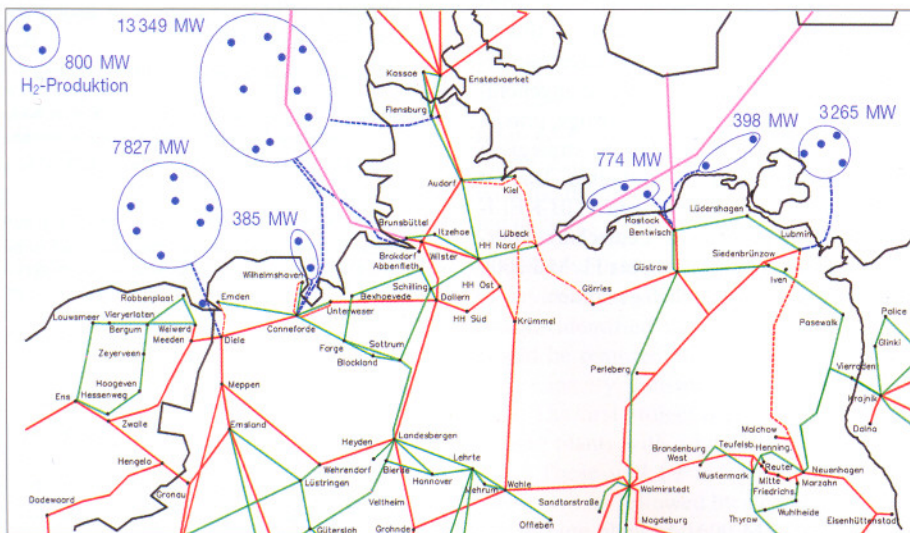


Bild 9. Geplanter Ausbau der Offshore-Installation bis in das Jahr 2030 (Universität Rostock).

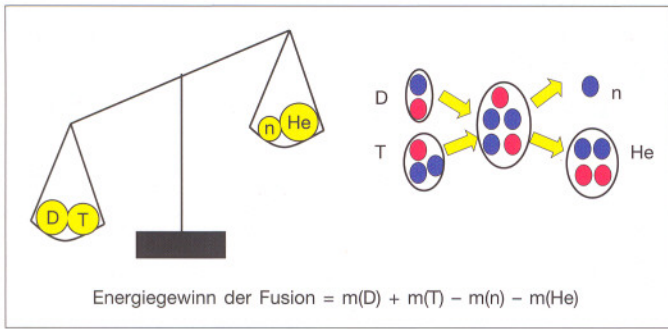


Bild 11. Prinzip der Fusion (MPG, IPP Garching).

ausgedehnt werden, aber hierfür ist – wie auch für die Endlagerung – bislang keine gesellschaftliche Akzeptanz vorhanden. Zukünftige Generationen könnten hier allerdings in ganz andere Energiezwänge geraten, was dann auch zu einer Neubewertung der Risiken führen könnte.

Die Fusionsenergie beruht auf dem bei der Verschmelzung von Deuterium und Tritium zu Helium auftretenden Massendefekt, siehe Bild 11. Zwei Prinzipien kommen hierbei als Technologien in Frage. Das Tokamak- und das Stellarator-Prinzip. Welches sich letztlich bewähren wird, ist heute noch nicht entschieden, man geht aber davon aus, dass diese Weichenstellung bis 2025 erfolgt sein wird (Bild 12). Ab dem Jahr 2030 rechnet man mit dem Einsatz eines Demonstrations-Kraftwerks, mit welchem die noch ausstehenden technologischen Fragen für den praktischen Kraftwerksbetrieb gelöst werden sollen. Die im Jahre 2045 lebende Generation kann dann, wenn alles planmäßig verläuft, mit dem stabilen großtechnischen Einsatz dieser Energieform rechnen. Allerdings ist es durchaus angebracht, sich auch Gedanken über eine zukünftige Energieversorgung ohne Fusion zu machen, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass sich bei dieser hoch komplizierten Technologie noch große oder gar unüberwindliche Probleme auftun könnten. Dann allerdings ist mit einer weiterhin auskömmlichen Versorgung der Menschen weltweit mit Energie nicht unbedingt zu rechnen.

Die Stoffmengen, die bei der Fusion benötigt werden, sind bemerkenswert gering. Geht man davon aus, dass für eine vierköpfige Familie im Jahr 1000 l Öl benötigt werden, um deren Strombedarf zu decken, würden bei der Fusion 0,08 g Deuterium und 0,2 g Lithium benötigt, aus welchem das Tritium gewonnen wird. Diese Elemente ließen sich aus zwei

Litern Wasser und 250 g Gestein gewinnen [13]. Das bei der Fusion entstehende Abfallprodukt Helium ist ein nicht toxisches, inertes Gas, welches praktisch keine chemischen Verbindungen eingeht und auch als Kältemittel Verwendung findet. Helium kommt heute bereits in geringen Mengen in der Erdatmosphäre (5,2 ppm) vor. Der Anteil des Heliums an der Erdatmosphäre ist sehr gering, weil das meiste Helium, das auf der Erde entsteht, aufgrund seiner Leichtigkeit und aufgrund der Tatsache, dass es sich kaum mit anderen Elementen verbindet, in den Weltraum entweicht. Ungefähr 1000 km über dem Meeresspiegel ist Helium das vorherrschende Element, weil es sich dort ansammelt. Dieses Element ist aber, im Gegensatz zu CO₂, für die nachfolgenden Generationen keine Gefahr, weil es, im Unterschied zu vielen anderen Kältemitteln, kein Treibhausgas ist.

Zusammenfassung

Mittel- bis langfristig gesehen wird die Energieversorgung der Erde nicht mehr mit fossilen Energieträgern erfolgen können. Das ist zum einen der Endlichkeit dieser Stoffe geschuldet, zum anderen aber auch der CO₂-Problematik. Die VGB PowerTech e. V. mit ihren Hauptausschüssen „Fossilbefeuerte Kraftwerke“ und „Erneuerbare Energien/Dezentrale Erzeugung“ hat sich dieser Probleme angenommen und versucht bereits, kurzfristige, praxisorientierte, aber auch langfristige, strategisch orientierte Lösungen zu erarbeiten. Das ist auch anlässlich der diesjährigen VGB-KELI-Konferenz „Elektrotechnik, Leittechnik, Informationsverarbeitung“ vom 9. bis 11. Mai 2006 in Düsseldorf/Neuss deutlich geworden.

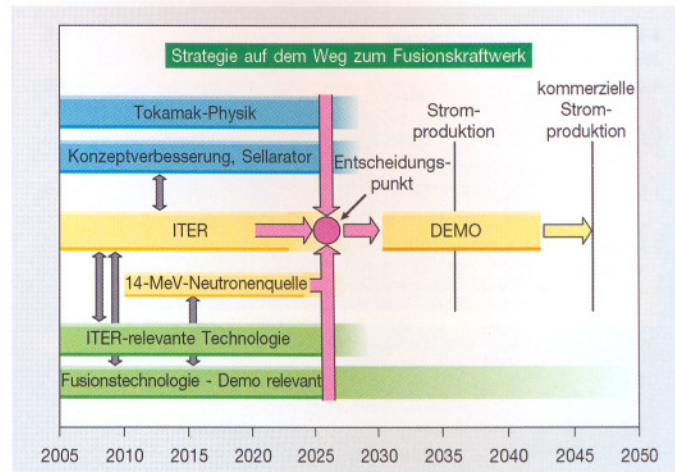


Bild 12. Zeitschiene für das Fusionskraftwerk (Forschungszentrum Karlsruhe).

Literatur und Quellen

- [1] VGB PowerTech e.V., E.ON Ruhrgas, International Energy Agency.
- [2] Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt, Energie. Stromfresser Internet (2003).
- [3] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2003).
- [4] Energy Information Administration – International Energy Outlook (2004).
- [5] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <http://www.ipcc.ch/>.
- [6] *Baier, A.:* Von Wolkenschichten, Wärmespeichern und Vulkanen. <http://www.angewandte-geologie.geol.uni-erlangen.de/klima1.htm>.
- [7] VGB PowerTech e.V.: Capture und Storage.
- [8] EU – Energy and Transport Outlook.
- [9] *Tremmel, A., and Hartmann, D.:* Efficient Steam Turbine Technology for Fossil Fuel Power Plants in Economically and Ecologically Driven Markets. VGB PowerTech 84 (2004), H. 11, S. 38–43.
- [10] *Stroink, L.:* Ökonomische und Ökologische Perspektiven der unterirdischen CO₂-Depotierung, 1. EFUC-Kongress in Suderburg bei Uelzen, Juni 2003.
- [11] Deutsches Windenergie-Institut und dena.
- [12] *Zunft, S., Tamme, R., Nowi, A., und Jakiel, C.:* Adiabate Druckluftspeicherkraftwerke. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 2005, H. 7.
- [13] *Janeschitz, G., und Bahm, W.:* Forschung auf dem Weg zum Fusionskraftwerk. Nachrichten Forschungszentrum Karlsruhe 36 (2004). □