

## EXPERTENBEITRAG ZU DEN MÖGLICHKEITEN DER WIRKUNGS- GRADSTEIGERUNG IN BRAUNKOHLEKRAFTWERKEN

# »SCHWARZ-WEISS-DENKEN IST FÜR DIE LÖSUNG DES GLOBALEN ENERGIEPROBLEMS NICHT SEHR HILFREICH.«



PROF. DR. REINHARD LEITHNER, DIREKTOR DES INSTITUTS FÜR WÄRME-  
UND BRENNSTOFFTECHNIK AN DER TU BRAUNSCHWEIG

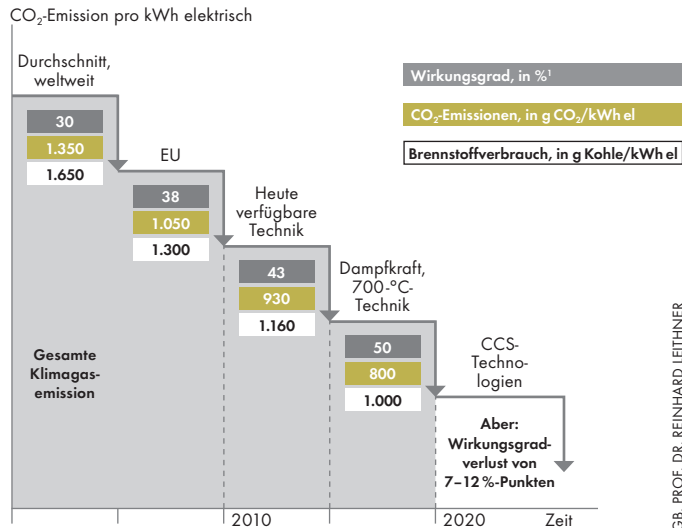
**DIE WELT IST BUNT, NICHT SCHWARZ-WEISS. DAHER SOLLTEN WIR IN DER DISKUSSION UM DIE ZUKÜNFTIGE ENERGIEVERSORGUNG BEWÄHRTE TECHNOLOGIEPFADE NICHT AUSSCHLIESSEN UND DIE MODERNISIERUNG VON KOHLEKRAFTWERKEN SOWIE DIE ALLGEMEINE EFFIZIENZSTEIGERUNG GENAUSO VORANTREIBEN WIE DEN EINSATZ ERNEUERBARER ENERGIEN.**

Energie kann man nicht erzeugen, sondern nur von einer Form in eine andere umwandeln. Die Menschen tun dies seit Jahrtausenden und haben sich dazu die verschiedensten Techniken ausgedacht. Eine für die Entfaltung unserer Zivilisation besonders folgenreiche Entwicklungslinie war die von Kraftwerken zur Produktion von elektrischem Strom. Es würde Bände füllen, ihre Geschichte von 1844 bis 1915 nachzuerzählen, der Zeitspanne zwischen der in Birmingham von J.S. Woolrich entwickelten ersten großen magnetoelektrischen Maschine und dem 1915 mit 128 MW weltweit größten Braunkohlekraftwerk in Golpa-Zschornewitz. Unzählige Arbeiten von Wissenschaftlern und Ingenieuren wären zu nennen, von denen viele in Deutschland erbracht worden sind. Das Kraftwerk in Golpa-Zschornewitz in Sachsen-Anhalt ist mittlerweile ein Industriedenkmal. Die Kraftwerke heute sind viel größer, haben wesentlich höhere Wirkungsgrade, verbrauchen daher viel weniger Kohle für die gleiche elektrische Leistung und emittieren wesentlich weniger Schadstoffe.

All diese Entwicklungen gehorchen Gesetzmäßigkeiten, die auch für die Zukunft gelten. So werden am Anfang von Technologiepfaden immer verschiedenste Lösungen vorgeschlagen. Manche Ansätze verschwinden gleich wieder, andere schlummern vor sich hin. Das Prinzip für Brennstoffzellen beispielsweise wurde bereits vor mehr als 150 Jahren formuliert. Oft lehnen auch Teile der Gesellschaft neue Ideen ab, weil sie Bestehendes gefährden. Und manche Erfinder und deren Propagandisten versprechen die abenteuerlichsten Anwendungen. Als ich ein Kind war, wurde mir noch von Flugzeugen oder Automobilen erzählt, die bald mit Kernenergie angetrieben würden.

Welche Idee sich bei technischen Neuerungen durchsetzt, ist kaum vorhersehbar. Denn Erfolge werden nicht selten von Zufälligkeiten bestimmt, zum Beispiel von der gleichzeitigen Entwicklung geeigneter Werkstoffe. Auch die Faszination und Wirtschaftlichkeit der Anwendungen spielt eine große Rolle. Deshalb empfiehlt es sich, offen für neue Ideen und Entwicklungen zu sein, ohne zu erwarten, dass eine neue Idee in kürzester Zeit alle Probleme lösen wird. Aber auch bewährte Technologien sollten weiterentwickelt werden. Wie die Diesel- und Benzinmotoren in den Fahrzeugen zeigen, können konkurrierende Technologien gut nebeneinander bestehen.

## Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Brennstoffbedarfs von Braunkohlekraftwerken<sup>1</sup>



<sup>1</sup>Durchschnittliche Daten für braunkohlebefeuerte Kraftwerke, Schätzung nach VGB-Daten für steinkohlebefeuerte Kraftwerke.

QUELLE: VGB, PROF. DR. REINHARD LEITHNER

In Bezug auf die zukünftigen Pfade der Stromgewinnung und speziell für die Rolle der Kohle im Mix der Energiequellen bedeuten diese Überlegungen, dass die neuen, regenerativen Energien kräftig gefördert und die Entwicklungen der bisherigen Kraftwerkstechnologien nicht abgebrochen werden sollten. Nur so können wir den noch Jahrzehnte dauernden Prozess der Ablösung von fossilen Brennstoffen sanft gestalten, wobei „sanft“ für ökologisch, ökonomisch und sozial verträglich steht. Die Modernisierung alter Kohlekraftwerke steigert den Wirkungsgrad beachtlich und vermindert

damit den Brennstoffbedarf sowie die Emissionen aller Schadstoffe wie Staub, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> etc. und natürlich auch von CO<sub>2</sub> (siehe Grafik). Solche Effizienzsteigerungen waren für Ingenieure schon immer eine Herausforderung, der sie sich gerne gestellt haben. Sie sind auch ohne drohende Klimakatastrophe ökologisch und ökonomisch sinnvoll.

Die Wissenschaft bietet verschiedene Optionen zur Steigerung des Wirkungsgrades von Braunkohlekraftwerken an. Eine ist die Trocknung der Braunkohle außerhalb der Brennkammer mit Niedertemperaturwärme – also nahezu mit Abwärme. Zusammen mit erhöhtem Druck (350 bar) und erhöhter Temperatur (700 °C) des Dampfs vor der Turbine können etwa 50 % Wirkungsgrad erreicht werden. Wie weit dieser Wert sogar übertroffen werden kann, hängt wesentlich auch von der Werkstoffentwicklung ab. Sehr interessante Optionen ergeben sich aus der Kombination von Kohlevergasung mit Gas- und Dampfturbinenanlagen. Bei diesem Prozess kann das CO<sub>2</sub> aus dem Vergasungsgasstrom abgeschieden werden, der viel kleiner ist als der Abgasstrom eines mit Kohle gefeuerten Dampfkraftwerks. Noch höhere Wirkungsgrade sind durch die Kombination eines allothermen Kohlevergasers mit einer SOFC-Brennstoffzelle (Solid Oxide Fuel Cell) erreichbar, wenn deren Abwärme für endotherme Kohlevergasungsreaktionen verwendet wird. Das CO<sub>2</sub> aus dem Anodenabgas kann dabei durch Kondensation des Wasserdampfs abgeschieden werden. Außer durch die erhöhten Wirkungsgrade und günstigen Möglichkeiten für die Abscheidung von CO<sub>2</sub> (CCS, „Carbon Capture and Storage“) zeichnen sich die beiden letztgenannten, noch zu entwickelnden Kraftwerkstechnologien durch sehr niedrige sonstige Schadstoffemissionen aus.

Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft funktionieren dann am besten, wenn konkurrierende Ideen nicht nur zugelassen, sondern gefördert werden und wenn konstruktiv zusammengearbeitet wird. Die Welt ist bunt. Auch die Forschung sollte es sein.

### **Professor Reinhard Leithner, die Diskussion über die Zukunft unserer Energiesysteme ist allgegenwärtig. Studieren heute junge Leute auch vermehrt Kraftwerks- oder Energietechnik?**

Ja, das Interesse der Studenten an der Energietechnik und die Anzahl der Studenten, erfreulicherweise auch zunehmend der Studentinnen, ist seit 2 Jahren sprunghaft gestiegen. Dazu beigetragen hat nicht nur die Allgegenwart energietechnischer Themen in der öffentlichen Diskussion und in den Medien, sondern auch die nach über 10 Jahren Personalabbau, Einstellungssperren sowie Zusammenschlüssen und -brüchen von Unternehmen der Branche im Gefolge der Liberalisierung vor allem des Strommarkts nun wieder große Nachfrage nach energietechnisch ausgebildeten Ingenieuren.

### **Sie betonen im Einleitungstext die Notwendigkeit, Effizienzsteigerungen ganz allgemein anzugehen. Weshalb?**

Effizienzsteigerung ist der Schlüssel für Umwelt- und Ressourcenschonung, aber insbesondere auch für den Einsatz dezentraler und regenerativer Energien. Effizienzsteigerungen sind auch die Basis für eine prosperierende Weltwirtschaft, sie sind die Voraussetzung dafür, dass die Entwicklungsländer einen Lebensstandard wie die Industrieländer erreichen können, und das ohne allzu große Umweltzerstörung, bei bezahlbaren Energie- und sonstigen Rohstoffkosten und auch ohne Kriege um diese. Deshalb halte ich Effizienzsteigerungen auf allen Gebieten wie Stromerzeugung, Heizung und Klimatisierung, Verkehr, Produktionstechnik etc. für außerordentlich wichtig.

Ein einfaches Beispiel dafür liefert der Zusatz von heute 5 % – in Zukunft vielleicht sogar 10 % – Biokraftstoff zu Benzin und Diesel. Würde der Verbrauch eines Kraftfahrzeugs um den Faktor 10 oder 20 gesenkt, z. B. nicht ein Auto mit einem Verbrauch von 20 bis 30 Litern pro 100 km, sondern eins mit 1 bis 3 Litern pro 100 km benutzt, so benötigte dieses Auto keinen fossilen Kraftstoff mehr. Das ist natürlich ein extremes Beispiel, aber auch bei einem durchschnittlichen Fahrzeug könnte bereits mit vorhandener Technik auf einen Großteil der fossilen Kraftstoffe im Verkehr ohne wesentliche Komforteinbuße verzichtet werden, wenn die Effizienz eines Autos von den Kunden mehr geschätzt würde.

Selbstverständlich sollten nur Biomasseabfälle zu Kraftstoffen und Brennstoffen umgewandelt werden, um eine Konkurrenz von Anbauflächen zur Nahrungsmittelproduktion und solchen für Kraftstoff- bzw. Brennstoffproduktion von vornherein auszuschließen.

### **Wird heute an den Hochschulen genügend intensiv an den verschiedenen Energietechnologien geforscht?**

Meiner Meinung nach entspricht die derzeitige Forschung, aber auch die Lehre auf dem Gebiet der Energietechnik nicht der zentralen Bedeutung des Fachgebiets, vielleicht auch deshalb nicht, weil die Breite des Fachgebiets, das Maschinenbau, Elektrotechnik, aber auch Gebäudetechnik und Chemie umfasst, nicht erkannt wird. Zudem werden die Forschungsthemen von den verschiedenen, Drittmittel vergebenden Institutionen direkt oder indirekt auch über Begutachtungen vorgegeben oder beeinflusst. So entstehen – für einen Ingenieur eigentlich unbegreiflich – „Modethemen“ auch in der Forschung. Dabei sollten

doch Forschung und Lehre laut Grundgesetz frei sein. Dass die Industrie die Forschungsthemen meist vorgibt, ist nicht verwunderlich und auch nicht der Kern des Problems. Dass die frei verfügbaren Haushaltsmittel teilweise seit Jahrzehnten nominell konstant geblieben sind oder reduziert wurden, schränkt die Möglichkeiten, die Forschungsthemen selbst zu wählen, aber immer stärker ein.

Manche Themen finden sich daher – selbst in der Diskussion von Fachleuten – nur sehr selten. Zum Beispiel Partitioning and Transmutation, ein Verfahren, langlebige radioaktive Stoffe aus den ausgebrannten Kernbrennstäben abzutrennen (Partitioning) und sogar mit Energiegewinn in kurzlebige umzuwandeln (Transmutation), sodass nach ca. 1.000 Jahren die Strahlenbelastung eines solchen Endlagers auf ungefährliche Werte abgesunken wäre. Ein anderes vernachlässigtes Thema sind allotherme Vergaser mit endothermen Vergasungsreaktionen, für die natürlich Werkstoffe entwickelt und Verschlackung und Korrosion untersucht werden müssten.

Gerade in der Energietechnik, die zunehmend interdisziplinär zu sehen ist, sollte in Zukunft mit mehr Mitteln und freier, ich nenne das auch gerne bunter, geforscht werden können.

### **Wird dieses Potenzial von der Politik auch gesehen und unterstützt?**

Gesehen wird das Potenzial schon. Auch die Unterstützung durch die Politik ist parallel zum öffentlichen Interesse wieder stark gewachsen, doch können derzeit kaum mehr Forschungsmittel sinnvoll ausgegeben werden, weil zu wenige Studenten und Studentinnen ihr Studium mit energietechnischer Ausrichtung abschließen und zudem die Industrie die besten Jungingenieure abwirbt. Bedauerlich ist, dass in den vergangenen 10 bis 15 Jahren während des Umbaus des Energiesektors – von wenigen Ausnahmen wie KW 21 oder COORETEC abgesehen – eine antizyklische Unterstützung der Energieforschung unterblieben ist. Wäre weitsichtig gehandelt worden, könnte heute die Industrie auf dringend benötigte gut ausgebildete Ingenieure und Doktoren zurückgreifen. Es ist zu hoffen, dass das Interesse der Politik an der Energietechnik nicht wieder nur von kurzer Dauer ist, sondern die Unterstützung der Bedeutung entsprechend langfristig angelegt wird und die Energieforschung auf eine breitere, verstärkte und freiere Basis gestellt wird.

### **Wenn man sich die verschiedenen Optionen zur Modernisierung von Braunkohlekraftwerken genauer anschaut: Was bringt die Braunkohletrocknung und was sind die wichtigsten Probleme, die gelöst werden müssen?**

Theoretisch sind bei den üblichen Braunkohlen in Deutschland durch die Trocknung ca. 6 Prozentpunkte Wirkungsgrad zu gewinnen, realisierbar sind voraussichtlich ca. 4 Prozentpunkte, womit die Braunkohle bezüglich des Wirkungsgrads mit der Steinkohle etwa gleichzieht. Probleme ergeben sich bezüglich NO<sub>x</sub>-Emissionen, Verschlackung, Verschmutzung und Korrosion der Heizflächen, die infolge der höheren Verbrennungstemperaturen tendenziell zunehmen. Zur Überwindung dieser Probleme wird das an meinem Institut in Zusammenarbeit mit der Industrie entwickelte Brennkammersimulationsprogramm FLOREAN eingesetzt, um die Eignung neuer Brenner- und Brennkammerkonstruktionen zu überprüfen und zu optimieren.

## **Was bringt die IGCC-Technologie und was sind da die wichtigsten Probleme, die gelöst werden müssten?**

IGCC steht für Integrated Gasification Combined Cycle, also Gas- und Dampfturbinenkombianlagen mit integrierter Kohlevergasung. Mit Gas- und Dampfturbinenkombianlagen lassen sich mit Erdgas ca. 60 % Wirkungsgrad erreichen, rund 10 Prozentpunkte mehr, als mit kohlegefeuerten Dampfturbinenanlagen und höchsten Dampfparametern (700 °C und 350 bar) in einigen Jahren erreicht werden wird. Da Gasturbinen keine Asche vertragen, muss bei Verwendung von Kohle als Brennstoff diese erst vergast und das Vergasungsgas anschließend gereinigt werden. Dadurch enthalten auch die Abgase nur noch sehr geringe Mengen an Schadstoffen wie Staub und SO<sub>x</sub>. Die beiden größten derartigen Anlagen in Europa sind seit einigen Jahren in Buggenum und Puertollano nach Anfangsschwierigkeiten nun erfolgreich mit Steinkohle in Betrieb. KoBra – die geplante Kombianlage mit Braunkohle – wurde gegenüber einer BoA, einer betriebsoptimierten Anlage, mit höheren Dampfparametern und dadurch höherem Wirkungsgrad zurückgestellt. Neu entwickelte IGCC-Anlagen mit Braunkohle sollten sowohl die neuesten Entwicklungen der Gasturbinen als auch die der Dampfturbinen umfassen. Das CO<sub>2</sub> könnte nach einem Shiftprozess aus dem – gegenüber dem Abgasstrom einer Braunkohlefeuerung viel kleineren – Vergasungsgasstrom abgetrennt werden. Allerdings muss die Gasturbine dann mit Wasserstoff betrieben werden, was eine Änderung der Konstruktion voraussetzt. Ferner müssen alle diese neuen Technologien kombiniert und gemeinsam geregelt und betrieben werden, was einfacher klingt, als es ist.

## **Was bringt die SOFC-Brennstoffzelle und was sind da die wichtigsten Probleme, die gelöst werden müssten?**

SOFC steht für Solid Oxide Fuel Cell. In einer SOFC werden die Elektronen des Stromkreises durch Sauerstoffionen bei 700 °C bis 1.000 °C durch den Festelektrolyten aus ZrO<sub>2</sub> „gepumpt“. Die Abwärme der SOFC kann wegen der hohen Temperatur zusammen mit recirkuliertem Anodenabgas, das aus CO<sub>2</sub>, Wasserdampf und unverbranntem Brenngas (CO und H<sub>2</sub>) besteht, für die endothermen Vergasungsreaktionen (Wassergas-, Boudouardreaktion und hydrierende Vergasung) verwendet werden. Dadurch können theoretisch Anlagenwirkungsgrade von über 60 % erreicht werden. Probleme bereitet die SOFC selbst, vor allem die Beständigkeit der Materialien bei den hohen Temperaturen, die Dichtigkeit, Risse infolge von Wärmespannungen aufgrund zu großer Temperaturunterschiede, die Gasreinigung, die Übertragung der Wärme aus der SOFC in die Vergasung, Verschlackungen, Korrosionen im Vergaser, nur um die wichtigsten zu nennen.

## **Für welche Prozesse schlägt Ihr Forscherherz besonders und warum?**

Für Energiespeicherung mit Druckluft in Kavernen oder im Meer und für Hochtemperaturwärmespeicher mit Gas- und Dampfturbinenkombianlagen, weil dadurch ähnlich viel Strom (zig GWh) aus z. B. Windenergieanlagen mit ähnlich hohem (ca. 80 %) Wirkungsgrad gespeichert werden kann.

Für SOFC mit integrierter Reformierung von Erdgas etc. (um die Probleme mit der Asche noch zu vermeiden), um hohe Wirkungsgrade auch bei kleinen Anlagen zu erreichen und die SOFC für eine spätere Anwendung in großen Anlagen zu entwickeln.

Für möglichst problemlose und schadstoffarme Verbrennung von Trockenbraunkohle, Steinkohle oder Biomasse als Basis für viele Energieumwandlungsprozesse.

Näheres ist auf der Homepage des Instituts für Wärme- und Brennstofftechnik an der TU Braunschweig zu finden: [www.wbt.ing.tu-bs.de](http://www.wbt.ing.tu-bs.de).