

## Forschungsschwerpunkt:

### Moderne Kraftwerkstechnik

#### - Handlungsrahmen, Technologieoptionen, Forschungsschwerpunkte -

#### Handlungsrahmen

Im September 2009 hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) "Eckpunkte und Leitlinien zur Weiterentwicklung der Energieforschungspolitik der Bundesregierung" erarbeiten lassen, in denen nachdrücklich eine langfristige und kontinuierliche "Energieforschungspolitik aus einem Guss" empfohlen wird – gerade im Bezug auf die Weiterentwicklung der bestehenden, modernen Kraftwerkstechnik:

*„Innovationszyklen auf dem Energie(forschungs)sektor erstrecken sich aufgrund der hohen Investitionsvolumina und der Systemkomplexität über vergleichsweise lange Zeitskalen (z.B. Kraftwerkstechnologien,...). Daher ist eine stabile Förderpolitik für die als wichtig identifizierten Forschungsthemen essenziell...[Die] Technologieentwicklung ist entlang der ganzen Kette vom Labor- bis zum Demonstrationsstadium erforderlich, sowohl für Großtechnologien (z.B. Kraftwerke mit CCS / Carbon Capture & Storage, Kernkraftwerke mit geschlossenem Brennstoffkreislauf als Exporttechnologie) als auch für dezentrale Technologien...*

*...Die Energieforschung benötigt langfristige Förderstrategien, die mit Ressourcen ausgestattet werden, welche der Größenordnung des Energie- und Umweltproblems Rechnung tragen.“<sup>1</sup>*

Bereits seit 2003 hat das BMWi mit dem COORETEC-Programm<sup>2</sup> für CO<sub>2</sub>-REDUKTIONS-TECHNologien in fossil befeuerten Kraftwerken entscheidende Themen in den Fokus der Forschungs- und Technologiepolitik gerückt:

Die Technologieentwicklung in fossil befeuerten Kraftwerken soll unter zwei Gesichtspunkten erfolgen. Die Steigerung der Effizienz soll eine Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um mindestens 20% bewirken. Zugleich sollen Technologien entwickelt werden, die es erlauben, das noch verbliebene CO<sub>2</sub> kostengünstig am Kraftwerk abzutrennen, um es anschließend sicher zu speichern oder wiederzuverwerten.

Die effektive Nutzung aller bisherigen Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen bei zugleich gerechter Lastenverteilung zwischen öffentlichen Hand und Industrie erfordert

- (a) die Berücksichtigung aller Entwicklungskosten für eine Technologie bis zu ihrer endgültigen Marktreife und
- (b) Investitionssicherheit für die Zukunft.

#### Daher müssen jetzt

- 1) die rechtlichen / kommerziellen Rahmenbedingungen für die neuen Technologien (z.B. Eigentums- und Haftungsfragen im Zusammenhang mit der CO<sub>2</sub>-Speicherung; Einbeziehung in den CO<sub>2</sub>-Handel) eindeutig geklärt werden;
- 2) die Aktivitäten der in diesem Zusammenhang mit Technologiepolitik befassten Ministerien und Behörden koordiniert werden.

<sup>1</sup> Eckpunkte und Leitlinien zur Weiterentwicklung der Energieforschungspolitik der Bundesregierung Empfehlungen der Helmholtz-Gemeinschaft im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie; September 2009

<sup>2</sup> vgl. Bericht "Forschungs- und Entwicklungskonzept für emissionsarme fossil befeuerte Kraftwerke" der COORETEC Arbeitsgruppen als Dokumentation Nr. 527 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Dezember 2003

## Technologieoptionen und Forschungsschwerpunkte

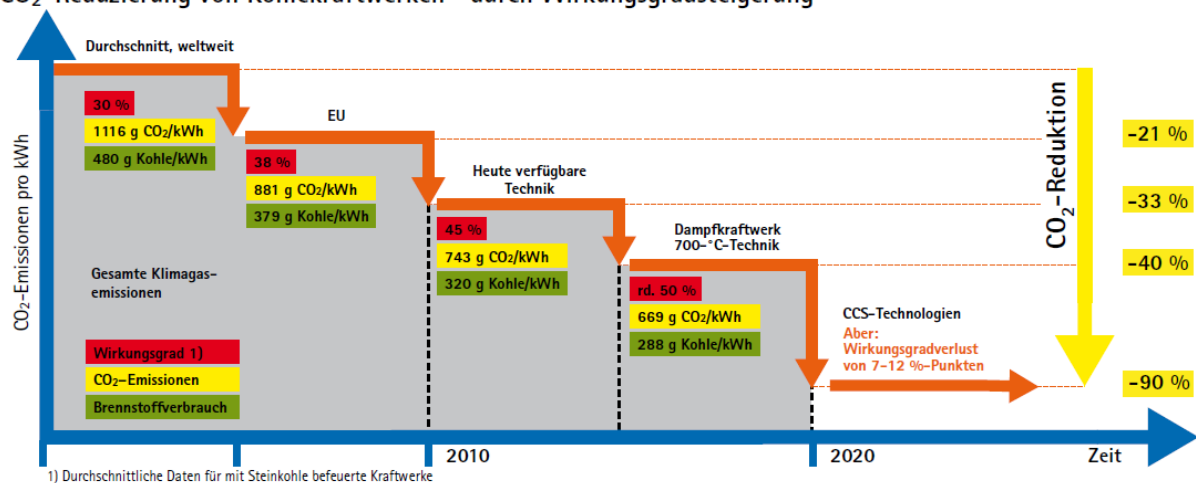
Innerhalb des beschriebenen Handlungsrahmens erscheint es sinnvoll, an die bestehenden Forschungsschwerpunkte anzuknüpfen und sie weiterzuentwickeln:

### 1. Technologische Weiterentwicklung der Kraftwerkstechnik

CO<sub>2</sub>-Emissionen können durch technologische Weiterentwicklung schrittweise reduziert werden.

Die bei der Steinkohleverstromung anfallende CO<sub>2</sub>-Menge könnte weltweit deutlich abgesenkt werden, wenn Kraftwerke mit niedrigem Wirkungsgrad (aktueller mittlerer Wirkungsgrad weltweit 30% bzw. europaweit 38%) durch Kraftwerke mit einem Wirkungsgrad von 45 – 50 % ersetzt würden.

#### CO<sub>2</sub>-Reduzierung von Kohlekraftwerken<sup>1)</sup> durch Wirkungsgradsteigerung



(Quelle: VGB)

Die schrittweise Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch technologische Weiterentwicklung ist daher die erste Option. Sie führt zu einem dreifachen Gewinn:

1. Ressourcenschonung, da bei gleicher Erzeugung weniger Brennstoff benötigt wird;
2. Deutliche Reduzierung der anfallenden CO<sub>2</sub>-Menge;
3. Höhere Stromerzeugung bei gleichem Brennstoffeinsatz

### 2. Technologieoptionen zur nahezu CO<sub>2</sub>-emissionsfreien Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern

Die Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen kann durch die Abscheidung und Recycling (oder geologische Speicherung) von CO<sub>2</sub> mittelfristig CO<sub>2</sub>-emissionsarm erfolgen. Die aufgezeigte technologische Weiterentwicklung der Kraftwerkstechnik ist dafür Grundvoraussetzung, um den unvermeidlichen Wirkungsgradverlust (aus heutiger Sicht 7 – 12%-Punkte) zu minimieren.

„Die Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen müssen sich daher auch auf die weitere Effizienzsteigerung der Kraftwerkskomponenten und deren Systemintegration richten.“

Das BMWi setzt hier mit seinem Forschungsprogramm COORETEC (CO<sub>2</sub>-Reduktionstechnologien) Schwerpunkte. Es müssen neue Werkstoffe und Fertigungstechniken für hocheffiziente Gasturbinen sowie Wasserstoffgasturbinen entwickelt werden. Eine deutliche Wirkungsgradsteigerung bei Kohlekraftwerken ist durch höhere

*Prozesstemperaturen zu erwarten. Die Grundlage dafür ist ein Materialwechsel zu nickelbasierten Stählen für die Großkomponenten der Hochtemperaturdampfturbinen. In enger Zusammenarbeit mit einer Allianz aus Werkstoffherstellern, Anlagenherstellern, Anlagenbetreibern, Verbänden und Forschungsinstituten aus dem Bereich der Hochtemperaturwerkstoffe sollen im Rahmen der Hightech-Strategie zum Klimaschutz daher die Voraussetzungen für eine fossil betriebene, emissionsarme Energieerzeugung in Kraftwerken geschaffen werden. Durch die Steigerung des Wirkungsgrades der Kraftwerke bei gleichzeitiger Kostenreduzierung der Großkomponenten kann die deutsche Industrie ihre weltweite Stellung auf dem Werkstoff- und Kraftwerkssektor ausbauen.*<sup>3</sup>

Aus heutiger Sicht kommen für die CO<sub>2</sub>-Abscheidung folgende Technologien in Frage, für die sich jeweils spezifische Forschungsschwerpunkte ergeben:

#### **(A) Abscheidung vor der Verbrennung (Pre-Combustion)**

Diese Technologie beruht auf einem einem Kombikraftwerk mit vorgeschaltetem Kohlevergasungsprozess (IGCC). Mit dem dabei gewonnenen Brenngas wird Wasserstoff erzeugt und in einem kombinierten Gas- und Dampfturbinenprozess (GuD-Prozess) verstromt. Das CO<sub>2</sub> wird vor der Wasserstoff- Verbrennung in einer Synthesegaswäsche abgeschieden.

##### Forschungsschwerpunkte:

- Anpassung moderner Gasturbinen mit Vormischverbrennung für den Einsatz wasserstoffreicher Brenngase
- Qualifizierung von Werkstoffen und Komponenten für reduzierende Atmosphären bei hohen Temperaturen und Drücken

#### **(B) Abscheidung nach der Verbrennung (Post-Combustion)**

Das CO<sub>2</sub> wird aus dem Rauchgas eines konventionellen Kraftwerksprozesses mithilfe eines Waschmittels abgeschieden. Bei diesem Prozess wird das Rauchgas in direkten Kontakt mit der Waschlösung in einer Absorptionskolonne gebracht. In einem Desorptionsprozess wird das CO<sub>2</sub> aus der Waschlösung herausgelöst und abgeleitet.

##### Forschungsschwerpunkte:

- Untersuchung neuartiger Waschlösungen und Prozessverschaltungen;
- Auswirkung auf Werkstoffe durch Prozessmedien sowie Minimierung von Emissionen und Reststoffen;
- Alternative Prozesse auf Basis von Adsorption, Kryogen- und Membrantechnologien.

#### **(C) Verbrennung mit reinem Sauerstoff (Oxyfuel)**

Beim Oxyfuel-Prozess wird mithilfe einer Luftzerlegungsanlage aus der Verbrennungsluft der Stickstoff abgetrennt. Der verbleibende Sauerstoffstrom wird zusammen mit rezirkuliertem Rauchgas im Verbrennungsprozess eingesetzt. Der Wasseranteil wird durch Kühlung der Rauchgase auskondensiert. Der hochkonzentrierte CO<sub>2</sub>-Abgasstrom kann dann separat abgeleitet werden.

---

<sup>3</sup> Die Hightech-Strategie zum Klimaschutz, Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), 2007

#### Forschungsschwerpunkte:

- Optimierung des Verbrennungsprozesses mit reinem Sauerstoff sowie der Prozessintegration;
- Minderung des höheren Korrosionsrisikos im Hoch- und Niedertemperaturbereich;
- Alternative Methoden der Sauerstoffbereitstellung (z.B. Membrantechnologie, Chemical Looping).

**Wirkungsgradsteigernde Maßnahmen** in fossil befeuerten Kraftwerken (s. Pkt.1) sind Voraussetzung für eine wirtschaftlich sinnvolle CO<sub>2</sub>-Abtrennung und –Speicherung oder -Verwertung. Diese Maßnahmen müssen in der Forschungsagenda gleichrangig zu den Themen der CO<sub>2</sub>-Abtrennung (und Speicherung oder Weiterverwertung) berücksichtigt werden.

#### Forschungsschwerpunkte:

- Auslegungskonzepte, Verbindung- und Dichtungstechniken sowie angepasste Komponenten und geeignete Werkstoffe (inkl. Qualifizierung, Fertigung und Prüfung) für 700+°C Dampfkraftwerke;
- Wirkungsgradsteigerung und größere Brennstoffflexibilität durch Brennstofftrocknung und Ausweitung der technischen Einsatzgrenzen für die Biomasse-Mitverbrennung;
- Turbinen mit höchsten Prozesstemperaturen und erweiterten Stabilitätsgrenzen, auch bei Teillast, durch optimierte Turbokomponenten, neue Hochtemperatur-Wärmedämmschichten und Kühlkonzepte für hocheffiziente, flexible und emissionsarme Gas- und Dampfturbinenkraftwerke.

### **3. Perspektive: CO<sub>2</sub>-Recycling – CO<sub>2</sub>-Kreislaufwirtschaft**

Im Zusammenhang mit der CCS-Technologie erschließt sich der Vorteil einer CO<sub>2</sub>-Kreislaufwirtschaft, in der das CO<sub>2</sub> hierbei nicht gespeichert sondern verwertet wird: Das CO<sub>2</sub> in hochkonzentrierter Form könnte z.B. als quasi-kostenfreier Rohstoff für die Herstellung von Methanol genutzt werden.

Der für die Methanolherstellung benötigte Wasserstoff lässt sich jedoch nur gewinnen in einem kontinuierlichen Prozess mit hohem Energieeinsatz. Hierfür erscheint - neben der CO<sub>2</sub>-freien Nuklearstromerzeugung - nur die CO<sub>2</sub>-neutrale Stromproduktion aus regenerativen Energieträgern eine sinnvolle Option.

Daraus ergeben sich u.a. folgende Fragestellungen als Ansatzpunkte für die künftige Forschung und Technologieentwicklung:

- Kann eine CO<sub>2</sub>-neutrale Stromversorgung auf Basis regenerativer Energieträger durch geeignete, ausreichende Speicherkapazitäten hinreichend kontinuierlich für eine Wasserstoff-Produktion sichergestellt werden?
- Ist es unter diesen Voraussetzungen möglich, Kohlenwasserstoffe zu Kosten herzustellen, die unterhalb des Rohölpreises liegen, damit sich diese Technologie, durch Marktkräfte getrieben, etablieren könnte?

Dabei ergeben sich Anknüpfungspunkte an die bereits laufende Ausschreibung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) „Chemische Prozesse und stoffliche Nutzung von CO<sub>2</sub>“. Als Leitthema ist das CO<sub>2</sub>-Recycling jedoch umfassender, über die

---

Chemieindustrie hinaus zu definieren; Fragen der Energieeffizienz und seine Einbettung in ein generelles Energieszenario müssen untersucht werden.

Der Vorteil des technologischen Ansatzes des CO<sub>2</sub>-Recycling ist, dass er eine CO<sub>2</sub>-neutrale Wirtschaft unter weitgehendem Behalt der bestehenden Energieerzeugungs- und Verteilungsinfrastruktur ermöglicht.

Die Erfahrungen bisheriger und aktueller Forschungs- und Technologieentwicklung zeigen jedoch deutlich: Die Leitidee „CO<sub>2</sub>-Recycling – CO<sub>2</sub>-Kreislaufwirtschaft“ muss von Beginn an von sichtbaren Maßnahmen flankiert werden, die die notwendige öffentliche Akzeptanz dieser langfristigen, ressourcenintensiven Technologieoption sicherstellen.

*(Fr - Stand 07.12.2009)*