

## Berechnungen zum GKK

### 1. Wirkungsgrad $\eta$

Der Wirkungsgrad  $\eta$  ist das Verhältnis der Nutzenergie zur zugeführten Energie.

$$\eta = E_{\text{el}} : E_{\text{zu}}$$

Nach Angaben des GKK: Nutzbar: 323 MW elektrische Leistung  
Zugeführt: 110 t Steinkohle je Stunde mal einem Heizwert von 8,14 kWh/kg

$$\eta = \frac{323}{110 \times 8,14} = 0,36$$

Es werden also nur 36 % der zugeführten Energie als elektrische Energie genutzt.  
Die restlichen 64 % werden als Wärmeenergie mit dem Kühlwasser in die Förde geleitet.

Wenn davon z. B. 220 MW als Fernwärme genutzt wird, dann steigt der der Gesamt-Wirkungsgrad :

$$\eta_{\text{ges}} = \frac{323 + 220}{110 \times 8,14} = 0,60$$

So werden also 60 % der Primärenergie genutzt.

Das neue Kohlekraftwerk soll eine Leistung von 800 MW haben und der Wirkungsgrad wird von 36 auf 45 % erhöht, das entspricht einem Kohleverbrauch von 218 t je Stunde.

Ohne Fernwärmenutzung wird die zugeführte Energie besser genutzt, aber bei unveränderter Fernwärmeleistung von 220 MW ergibt sich der Gesamtwirkungsgrad wie folgt:

$$\eta_{\text{ges}} = \frac{800 + 220}{218 \times 8,14} = 0,57$$

Hier zeigt sich, dass das neu geplante 800 MW-Kraftwerk mit 57 % Wirkungsgrad die Primärenergie noch schlechter nutzt als das alte !

Ein optimal ausgelegtes Kraftwerk sollte etwa folgende Daten haben:

Elektrische Leistung: 250 MW

Wärmeleistung: 220 MW

Wirkungsgrad: 45%

Daraus ergibt sich ein Kohleverbrauch von 68 t/h

Der Gesamtwirkungsgrad ergibt sich folgendermaßen:

$$\eta_{\text{ges}} = \frac{250 + 220}{68 \times 8,14} = 0,85$$

Dieser hohe Gesamtwirkungsgrad von 85 % ist durchaus erreichbar und sollte für Kiel erstrebenswert sein.

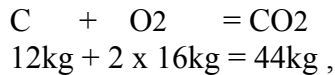
Ein großes Kraftwerk kann zwar einen relativ hohen Wirkungsgrad von 45 % (bezogen auf die elektrische Leistung) haben, aber der Gesamtwirkungsgrad bleibt niedrig, wenn die unvermeidliche Abwärme nicht oder nur wenig genutzt wird.

Diese Berechnung kann auch mit anderen Brennstoffen wie z. B. Erdgas mit einem Heizwert von 13,06 kWh/kg, bzw. 11,17 kWh/m<sup>3</sup> durchgeführt werden.

18.3.07 P.H.

## 2. CO<sub>2</sub>-Speicherung

Die ab 2020 geplante Speicherung von CO<sub>2</sub> in den geologischen Untergrund oder in der Tiefsee hat wegen der enormen Abgasmengen keine Aussicht auf Verwirklichung. Das zeigt die folgende einfache Rechnung:



bezogen auf 1kg C ergibt sich:

$$1\text{kg C} + 2,667\text{kg O}_2 = 3,667\text{kg CO}_2$$

Da Steinkohle zu 82 % aus Kohlenstoff besteht, verursacht die Verbrennung von 1kg  $3,667 \times 0,82 = \underline{3,0 \text{ kg CO}_2}$  !

Das bestehende Gemeinschaftskraftwerk Kiel mit einer Nettoleistung von 323 MW verbrennt 110 t Kohle pro Stunde und emittiert damit:

$$m\text{CO}_2 = 110 \times 1000 \times 3,0 = 330000\text{kg CO}_2/\text{h} = 7920 \text{ t/d.}$$

Bei der Dichte von 1,977kg/m<sup>3</sup> ergibt sich ein Volumen von :

$$V\text{CO}_2 = 330000 / 1,977 = 167000 \text{ m}^3/\text{h} = 4.000.000\text{m}^3/\text{d.}$$

Nach Abtrennung von CO<sub>2</sub> aus dem Abgas müsste diese Menge laufend in den Untergrund gepumpt werden und erfordert eine erhebliche Leistung. Bei angenommenen 200 bar Druck muss folgende Verdichterleistung aufgebracht werden:

$$P_v = \frac{167000\text{m}^3/\text{h} \times 10000\text{N/m}^2 \times \ln(200/1)}{0,65 \times 3600\text{s/h} \times 1000\text{Nm/s/kW}} = 37800 \text{ kW} = 37,8 \text{ MW}$$

Sie muß von der Nettoleistung abgerechnet werden und vermindert den Wirkungsgrad des Kraftwerks. Nach heutigem Stand der Technik beträgt der Mehraufwand 25 % der Gesamtleistung.

Mit der erzeugten CO<sub>2</sub>-Menge wären alle in Deutschland infrage kommenden Kavernen und bereits ausgebeuteten Erdgaslagerstätten in wenigen Tagen gefüllt.

Außerdem zeigen die laufenden Offshoreversuche und Messungen in Dänemark und Norwegen, dass die Speicherung von CO<sub>2</sub> unter dem Meeresboden keineswegs sicher ist und das CO<sub>2</sub> im Laufe der Jahre durch die Deckschichten dringt.

Das von den USA bevorzugte Verfahren,verflüssigtes CO<sub>2</sub> als offene Seen auf dem Grunde der Tiefsee zu lagern, ist zwar theoretisch möglich, da bei den vorhandenen tiefen Temperaturen und den hohen Drücken das CO<sub>2</sub> schwerer als Wasser ist.

Versuche verliefen aber erfolglos,da das CO<sub>2</sub> aus bisher ungeklärten Gründen doch langsam nach oben steigt.

Die zur Endlagerung erforderlichen aufwendigen Verfahren zur CO<sub>2</sub>-Abtrennung aus dem Abgas wie das Filtern mit Hilfe von Keramikmembranen, durch Adsorption mit thermischem Austreiben oder das Auskondensieren durch Verdichten auf mindestens 65 bar und Abkühlen auf unter 20°C können also nicht zur Lösung des Problems beitragen.

Eine Möglichkeit, die CO<sub>2</sub>-Abtrennung unnötig zu machen, besteht darin, den Brennstoff mit reinem Sauerstoff zu verbrennen. Die hohen Temperaturen vermeidet man, indem man den Sauerstoff mit gekühltem Abgas verdünnt, das fast nur aus CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O besteht. Der benötigte Sauerstoff wird in Luftzerlegungsanlagen erzeugt.

Diese Verfahren benötigen unterschiedlich viel Energie, sie schmälern den Nettoertrag und erhöhen die CO<sub>2</sub>-Erzeugung zusätzlich.

Die theoretischen Untersuchungen und Versuche sind für die Grundlagenforschung wichtig, aber für die Endlagerung der unvorstellbar großen CO<sub>2</sub>- Mengen völlig unbrauchbar. Die Gesamtmenge der stromerzeugungsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen liegt z.Zt. Bei 7 Mrd. T/a. Das sind 3.500.000.000.000m<sup>3</sup>/a oder 3500 Kubikkilometer pro Jahr ! Wo soll das denn wohl gespeichert werden ?

Wenn von Seiten der Kraftwerksbauer oder der Stromerzeuger oder auch von Forschungsinstituten und Universitäten auf notwendige Entwicklungen in dieser Richtung hingewiesen wird, so dient es doch nur zum Loseisen von Forschungsgeldern. Diese sollten aber besser für sinnvollere Projekte reserviert werden.