

23. Nachhaltige fossile Brennstoffe?

It is an inescapable reality that fossil fuels will continue to be an important part of the energy mix for decades to come.

UK government spokesperson, April 2008

Our present happy progressive condition is a thing of limited duration.

William Stanley Jevons, 1865

Wir untersuchten in den letzten drei Kapiteln die Haupttechnologien und Lebensstil-Veränderungen zur Reduktion des Energieverbrauchs. Wir fanden heraus, dass wir den Verbrauch im Transport halbieren (und den Einsatz fossiler Brennstoffe vermeiden) können, indem wir auf Elektrofahrzeuge umsteigen. Wir fanden auch heraus, dass wir den Verbrauch beim Heizen sogar noch deutlicher reduzieren (und ebenfalls fossile Brennstoffe vermeiden) können, indem wir alle Häuser besser isolieren und elektrische Wärmepumpen statt fossiler Brennstoffe verwenden. „Yes, we can“, wir können den Verbrauch reduzieren. Doch diesen reduzierten Verbrauch mit Englands eigenen Erneuerbaren zu decken, ist eine sehr große Herausforderung (siehe Fig.18.7). Also ist es an der

Zeit, die nicht-erneuerbaren Optionen zur Energieversorgung zu diskutieren. Nehmen wir die bekannten Reserven an fossilen Brennstoffen, die überwiegend Kohle sind: 1600 Gt Kohle. Verteilen wir sie gleichmäßig auf sechs Milliarden Menschen und verbrennen sie „nachhaltig“. Doch was bedeutet „nachhaltig“ im Zusammenhang mit endlichen Ressourcen? Hier ist eine willkürliche Definition, die ich benutzen möchte: Die Nutzungsrate einer Ressource sei „nachhaltig“, wenn die Ressource so für **1000 Jahre** ausreicht. Eine Tonne Kohle liefert 8000 kWh chemische Energie, also ergeben 1600 Gt Kohle verteilt auf 6 Milliarden Menschen über 1000 Jahre eine Leistung von **6 kWh pro Tag pro Person**. Ein herkömmliches Kohlekraftwerk wandelt diese chemische Energie in elektrische mit einem Wirkungsgrad von 37% - das bedeutet **2,2 kWh(el) pro Tag pro Person**. Wenn wir uns jedoch um das Klima sorgen, wollen wir vielleicht keine herkömmlichen Kraftwerke benutzen. Wir würden statt dessen wohl lieber auf „Clean Coal“ Technologie setzen, auch bekannt als CCS oder „Kohleverstromung mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung“ – eine zurzeit kaum benutzte Technologie, die den größten Teil des Kohlendioxids aus den Schornsteingasen einfängt und in ein Erdloch schaufelt. Kraftwerksemissionen solchermaßen zu reinigen erfordert signifikante Energiekosten – die Elektrizitätsausbeute wird um etwa 25% reduziert. Eine „nachhaltige“ Verwendung der bekannten Kohlereserven liefert bei CO₂-neutralem Einsatz daher nur 1,6 kWh(el) pro Tag pro Person.

Wir können nun diese „nachhaltige“ Kohle-Verbrauchsrate – 1,6 Gt jährlich – mit der aktuellen globalen Kohle-Verbrauchsrate vergleichen: 6,3 Gt pro Jahr mit steigender Tendenz.

Wie sieht es aus, wenn man nur England betrachtet? Die britischen Kohlereserven werden auf 7 Gt geschätzt. OK, wenn wir diese 7 Gt auf 60 Millionen Menschen verteilen, erhalten wir 100 Tonnen pro Person. Wenn wir unsere 100-Jahres-Lösung anstreben,



Fig.23.1: Kohlelieferung für das Kingsnorth Kraftwerk (1940 MW Leistung) in 2005. Foto von Ian Boyle www.simplonpc.co.uk

Coal: 6 kWh/d

Fig.23.2: „Nachhaltige fossile Brennstoffe“

liefert das **2,5 kWh pro Tag pro Person**. In einem Kohlekraftwerk mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung liefert uns dieser „nachhaltige“ Ansatz für britische Kohle 0,7 kWh(el) pro Tag pro Person.

Unsere Schlussfolgerung ist daher klar:

Clean Coal ist nur eine Zwischenlösung:

Wenn wir die „Clean Coal“ Technologie weiterentwickeln um Treibhausgas-Emission zu verringern, müssen wir, während wir uns auf die Schulter klopfen, vorsichtig und korrekt Buch führen. Der Prozess der Kohleverbrennung setzt nicht nur im Kraftwerk Treibhausgase frei, sondern auch im Kohlebergwerk. Kohleabbau setzt meist Methan, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid frei, sowohl direkt aus den Kohleflözen wenn sie geöffnet werden, als auch im weiteren Verlauf aus den abgebauten Schiefen und Tonen; bei einem herkömmlichen Kohlekraftwerk tragen diese Bergwerksgase nur zu 2% zum gesamten CO₂-Fußabdruck bei, doch bei „Clean Coal“ Kraftwerken könnten diese Anteile nennenswert zu Buche schlagen. Ein ähnliches Buchhaltungsproblem gibt es beim Erdgas: wenn – sagen wir – 5% des Erdgases durch Undichtigkeiten auf dem Weg von der Quelle zum Kraftwerk entweichen, dann ist diese Methanbelastung (bezüglich des Treibhauseffektes) äquivalent zu einer 40%igen Erhöhung des Kohlendioxidausstoßes beim Kraftwerk.



Fig.23.3: Ein Caterpillar grast in alten Blättern. Foto von Peter Gunn

Neue Kohletechnologien

Die Firma directcarbon.com in Stanford entwickelt die *Direct Carbon Fuel Cell*, eine Brennstoffzelle, die Treibstoff und Luft direkt in Elektrizität und CO₂ umwandelt, ohne dabei Wasser- oder Dampfturbinen zu verwenden. Sie behaupten, diese Art der Kohleverstromung wäre doppelt so effizient wie herkömmliche Kraftwerkstechnik.

Wann ist das Ende des „business as usual“?

Der Ökonom Jevons stellte 1865 eine einfache Berechnung an. Damals diskutierten die Leute, wie lange wohl die britische Kohle noch reichen würde. Man beantwortete die Frage meist, indem man die geschätzten verbleibenden Kohlereserven durch die Verbrauchsrate teilte, und erhielt Antworten wie „1000 Jahre“. Doch Jevons konstatierte, der Verbrauch sei *nicht* konstant. Er hätte sich alle 20 Jahre verdoppelt und der „Fortschritt“ würde es mit sich bringen, dass er das auch weiterhin tue. Also führt „Kohlereserven durch Verbrauchsrate“ zu falschen Antworten.

Statt dessen extrapolierte Jevons den exponentiell ansteigenden Verbrauch und berechnete die Zeit, bis dessen kumulative Summe die geschätzten Reserven überstieg. Das ergab eine viel kürzere Zeitspanne. Jevons nahm nicht an, dass der Verbrauch tatsächlich mit der selben Wachstumsrate zunähme, er stellte nur fest, dass die Zunahme nicht aufrechterhalten werden kann. Seine Berechnung schätzten für die britische Leserschaft die unausweichlichen Grenzen des Wachstums ab und die kurze Zeit, bis diese Grenzen spürbar würden. Jevons sagte vorher, dass das Ende britischen „Fortschritts“ innerhalb von 100 Jahren ab 1865 kommen würde. Jevons behielt recht. Die britische Kohleproduktion erreichte ihren Höhepunkt 1910, und 1965 war England bereits keine Welt-Supermacht mehr.

Lassen Sie uns diese Berechnung für die gesamte Welt wiederholen. 2006 lag der Kohleverbrauch bei 6,3 Gt pro Jahr. Verglichen mit 1600 Gt übriger Reserven sagen Leute häufig „es sei für weitere **250 Jahre** Kohle vorhanden“. Wenn wir aber annehmen, „business as usual“ impliziere einen steigenden Verbrauch, erhalten wir eine andere Antwort. Wenn die Zuwachsrate des Kohleverbrauchs weiterhin bei 2% pro Jahr bleibt (dies ist ein vernünftiger Mittelwert aus den Daten von 1930 bis 2000), dann wäre die gesamte Kohle bis 2096 verbraucht. Liegt die Zuwachsrate bei 3,4% (der Durchschnitt der letzten zehn Jahre), dann käme das Ende des „business as usual“ vor 2072. Nicht **250 Jahre**, sondern **60!**

Würde Jevons heute leben, ich bin sicher er würde überzeugend vorhersagen, dass wir um 2050 oder 2060 am Ende unserer glücklichen fortschrittlichen Bedingungen angelangt sind, solange wir nicht einen neuen Kurs abseits vom „business as usual“ einschlagen.



Anmerkungen und Literaturhinweise

Seite

- 175 eine willkürliche Definition von "nachhaltig" – 1000 Jahre** *157 1000 years – my arbitrary definition of "sustainable."* Als Vorläufer einer solchen Wahl setzten Hansen et al. (2007) "mehr als 500 Jahre" gleich mit "für immer".
- 175 Eine Tonne Kohle liefert 8000 kWh chemische Energie – 1 ton of coal equivalent = 29.3GJ = 8000 kWh of chemical energy.** Diese Zahl beinhaltet nicht die Energiekosten für Bergbau, Transport und Kohlenstoff-Sequestrierung.
- 175 „Kohleverstromung mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung“ – Carbon capture and storage (CCS).** Es gibt verschiedene CCS-Technologien. Das CO₂ aus den Abgasen auszufiltern ist eine; eine andere vergast die Kohle und separiert das CO₂ vor der Verbrennung. Siehe Metz et al. (2005). Der erste Prototyp eines Kohlekraftwerks mit CCS wurde am 9. September 2008 durch die schwedische Firma Vattenfall eröffnet [5kpk8].
- 175 Die britischen Kohlereserven werden auf 7 Gt geschätzt - UK coal.** In December 2005, the reserves and resources at *existing mines* were estimated to be 350 million tons. In November 2005, potential opencast reserves were estimated to be 620 million tons; and the underground coal gasification potential was estimated to be at least 7 billion tons. [yebuk8]
- 176 setzt auch im Kohlebergwerk ... Treibhausgase frei** *158 Coal-mining tends to release greenhouse gases.* Zu Informationen über Methanfreisetzung beim Kohlebergbau siehe www.epa.gov/cmop/, Jackson and Kershaw (1996), Thakur et al. (1996). Weltweite Methan-Emissionen aus dem Kohlebergbau liegen bei etwa 400 Mt CO₂e pro Jahr. Das entspricht etwa 2% der Treibhausgas-Emissionen von der Kohleverbrennung. Der mittlere Methangehalt englischer Kohleflöze ist 4,7 m³

pro Tonne Kohle (Jackson and Kershaw, 1996); dieses Methan hat, wenn es in die Atmosphäre freigesetzt wird, ein globales Erwärmungspotenzial von etwa 5% dessen, was durch die Kohleverbrennung verursacht wird.

176 wenn 5% des Erdgases durch Undichtigkeiten entweichen *158 If 5% of the natural gas leaks, it's equivalent to a 40% boost in carbon dioxide.* Verschmutzung durch zufällig entweichendes Methan hat einen etwa 8mal höheren Erwärmungseffekt als die bei der Methanverbrennung entstehende CO₂-Freisetzung; Auchmal, nicht die standard "23mal", denn "23mal" ist das Erwärmungs-Verhältnis gleicher Massen von Methan und CO₂. Jede Tonne CH₄ verwandelt sich bei Verbrennung in 2,75 Tonnen CO₂; entweicht es, ist es äquivalent zu 23 Tonnen CO₂. Und $23/2,75$ ist 8,4.

Weiterführende Literatur: World Energy Council [yhx8b]

Weiterführende Literatur über Untertage-Kohlevergasung: [e2m9n]