

# Essay über Kohle

Von Gerd Eisenbeiß<sup>1</sup>

Kohle war einst ein synonym für Geld und Reichtum; Ausdrücke wie „Her mit der Kohle!“ oder „Der hat Kohle“ sind noch heute zu hören, obwohl „rauchende Schornsteine“ längst nicht mehr ein Zeichen von Wohlstand, sondern von Umweltverschmutzung sind. So hat es mich schon lange gereizt, einige Gedanken zur Zukunft der Kohle aufzuschreiben. Nun sind zwei neuere Publikationen Anlass zur Tat:

- die Dissertation von Daniel Vallentin „Coal to Liquids“, also die Kohleverflüssigungstechnologien, ein Werk von 460 Seiten, das im **ibidem**-Verlag, Stuttgart, erscheinen wird (ISBN 978-3-89821-998-3)
- die 33-seitige „umweltökonomische Betrachtung“ der Zukunft der Kohle von Andreas Löschel, ZEW Mannheim, (ISBN 978-3-86872-127-0)

Im Kampf um eine nachhaltige Entwicklung der Menschheit und des Globus ist die Zukunft der Kohle ein wichtiges und spannendes Kapitel, weil Kohle billig ist und voraussichtlich bleibt, weil man aus ihr prinzipiell alle Energie-Verbrauchsarten über Strom, flüssige und gasförmige Energieträger abdecken kann und solche Technologien sich in die bestehenden Infrastrukturen der Wärme- und Kraftstoffversorgung einpassen lassen. Gäbe es den Treibhauseffekt nicht, wären Prognosen über die Energieversorgung der Zukunft jenseits von Öl und Erdgas leicht; Kohle wäre der Kandidat Nummer eins, erneuerbare Energien und Kernenergie würden ergänzen, aber erreichten bei weitem nicht das Gewicht der Kohle. Das ist im Übrigen auch der sichtbare Trend in einer Welt, die sich erst noch auf Klimaschutz einigen muss – hoffentlich ausreichend wirksam, friedlich und bald!

Weil aber die Gefahren einer sich aufheizenden Atmosphäre mit all ihren Folgen unerträglich scheinen und wohl auch sind, ist es für manche Zeitgenossen keine Frage mehr: die Zukunft der Energieversorgung ist grün; die einzig nachhaltigen Energiequellen sind diejenigen, die stetig von der Sonne geliefert oder von ihrer Strahlungsenergie angeregt werden wie Biomasse, Wind und Wellen. Der Erde entnommene Ressourcen wie insbesondere Öl und Gas, aber letztlich auch die Kohle sind nur endlich vorhanden und hinterlassen das Treibhausgas CO<sub>2</sub>, den Haupttäter der globalen Erwärmung. Nukleare Energien mögen das Klima schonen, sind aber weder vom Ressourcenverbrauch noch von den gefährlichen Rückständen her nachhaltig – nicht einmal die Hoffnungstechnologie der Kernfusion ist ideal, auch wenn diese sehr viel weniger Nachhaltigkeitsdefizite aufweisen wird, falls sie zu technisch-wirtschaftlichen Bedingungen nutzbar werden sollte.

Zwei Aspekte lassen mich zögern, diese wünschenswerte grüne Energiezukunft für selbstverständlich zu halten: die hohen Umsteigekosten einer solchen Energiewende und der Zustand der Weltgesellschaft mit ihrer kaum einigungsfähigen Staatenorganisation. Letztlich stehen hinter beiden Barrieren der egoistische Mensch, dem die Zukunft weniger wichtig ist als der unmittelbare Vorteil, und ihre Politiker, denen die Massenloyalität, bzw. in Demokratien die Wiederwahl entscheidend wichtig ist.

Eine Chance für die grüne Energiewende gibt es daher möglicherweise nur, wenn die grünen Technologien deutlich billiger werden, als sie heute noch sind, so dass die Opfer der Gegenwart kleiner und damit leichter akzeptierbar werden. Aber auch die Kohle könnte sich in ein klimaschonendes Szenario einpassen, wenn sie ohne erhebliche CO<sub>2</sub>-Emissionen nutzbar würde. Solche Verfahren der Abtrennung und Entsorgung des CO<sub>2</sub> sind weltweit Gegenstand von Forschung und erster Versuche; man spricht von CCS, was „carbon capture and sequestration“ bedeutet.

Verdienstvollerweise beschäftigen sich die eingangs zitierten Arbeiten mit der künftigen Kohlenutzung mit und ohne CCS. Andreas Löschel beschreibt im Auftrag der Friedrich-Ebert-Stiftung die Ressourcensituation und konzentriert sich auf die Verstromung und ihre Abhängigkeit vom Klimaschutzregime, insbesondere vom Emissionshandel. Löschel zeigt die unverändert zentrale Bedeutung der Kohleverstromung in aller Welt, die in Polen 90%, in China knapp 80%, in Indien 70% und in USA 50% aus-

---

<sup>1</sup> Dr. Gerd Eisenbeiß ist freier Publizist und Berater in Fragen der Energietechnologien. Lange Zeit hat er vom Forschungsministerium aus Energieforschung gefördert und anschließend im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt als Programmdirektor und im Forschungszentrum Jülich als Vorstand Energieforschung geleitet. Über mehr als 20 Jahre hat Dr. Eisenbeiß in unterschiedlichen Rollen auch die Energieforschung der EU beratend begleitet.

macht – globaler Mittelwert ist 40% mit immer noch wachsender Tendenz auf 45% in 2030. Dabei bleibt die in Deutschland verfügbare Braunkohle nach allgemeiner Einschätzung fast unverändert billig, während der Importpreis für Steinkohle (auf eine Energieeinheit bezogen) prozentual ähnlich ansteigen dürfte wie der Erdgaspreis, nur eben zwei Drittel billiger als Erdgas.

Daniel Vallentins Dissertation hat die Verfahren der Kohlevergasung und der –verflüssigung mit und ohne CCS untersucht. Sehr wertvoll ist der techno-ökonomischen Überblick von über 50 informativen Seiten im Kapitel 4 über die verschiedenen Technologien der Kohlevergasung und der „Verflüssigung“ samt ihrer historischen Entwicklung bis zu den laufenden Sasol-Anlagen in Südafrika. Auch wenn man flüssige Kohlenwasserstoffe „direkt“ aus Kohle und Wasserstoff synthetisieren kann (natürlich trotz Katalysatoren bei hohem Druck und Temperatur), gehen die meisten Anlagen wie die von Sasol in Südafrika über einen Vergasungsschritt zur Fischer-Tropsch-Synthese, die einen weiten Bereich von Kohlenwasserstoffen zu erzeugen erlaubt – von benzinartigen Kraftstoffen bis zum Diesel – übrigens einem Kraftstoff, der deutlich sauberer ist als normaler Raffinerie-Kraftstoff, und daher saubere Verbrennung ohne teure Zusatzaggregate ermöglicht.

Gerade diese Vergasungsstufe der Kohle mittels Wasserdampf und Luft oder Sauerstoff zeigt, dass eigentlich nicht die Kohle vergast, sondern der Wasserdampf mittels Kohle zu Wasserstoff reduziert wird; dies gilt insbesondere, wenn durch eine Shiftreaktion das primär entstandene CO mit weiterem Wasserdampf zu reinem Wasserstoff plus CO<sub>2</sub> verarbeitet wird – ein Kohle-Nutzungspfad zur Wasserstoffbereitstellung für Brennstoffzellen in Fahrzeugen und Haushalten. Aber auch vor der Shiftreaktion landen 44% der Kohlenstoffatome als CO<sub>2</sub> im Abgas.

Die Fischer-Tropsch-Synthese, die den Kohlenstoff zur Kettenbildung benötigt, braucht Wasserstoff und CO im Verhältnis 2:1, lässt also etwa 56% der Kohlenstoffatome im Produkt. Der zu CO<sub>2</sub> oxidierte Kohlenstoff muss allerdings vor der Synthese entfernt werden – ein Verfahrensschritt, der technisch weniger aufwendig ist als etwa die Rauchgaswäsche nach der Kohleverbrennung in einem Kraftwerk. Dies ist der Grund, warum IGCC-Kraftwerke, also Kraftwerke mit vorgeschalteter Vergasung und angeschlossenem Gas- und Dampfturbinenprozess, Vorteile beim Abtrennen und Auffangen des CO<sub>2</sub> haben; man erwartet, dass dieser Kraftwerkstyp günstigere Stromproduktionspreise gestatten wird als die heute noch billigeren Dampf-Kraftwerke, wenn aus Klimaschutzgründen CCS vorgeschrieben wird, also die Abtrennung und Endlagerung des CO<sub>2</sub> (oder jedenfalls eines Großteils des entstehenden CO<sub>2</sub>). So zitiert Löschel eine MIT-Studie aus dem Jahr 2007, nach der die vermiedenen Abtrennkosten bei IGCC 11 \$ billiger kommen als bei einem Dampfkraftwerk mit superkritischem Dampfparametern.

Eindrucksvoll ist auch die große, in den letzten beiden Jahren stark gestiegene Zahl an geplanten Fischer-Tropsch-Synthese-Anlagen, bzw. ihre thermische Gesamtleistung von 145 GW, im Wesentlichen in China, Indonesien und USA. Unabhängig davon sind zusätzlich mindestens 32 GW Vergasungsanlagen geplant, ebenfalls schwerpunktmässig in China und USA, teilweise als Basis für Chemikalien, teilweise als Vergasungsstufe eines IGCC-Kraftwerks, teilweise als SNG-Herstellung, d.h. als synthetisch hergestelltes Methan/Erdgas. Wegen vorteilhafter Verfahrenseffizienz könnte es auch zu „Polygeneration Plants“ kommen, wo der Vergaser in flexibler Weise mehrere Weiterverarbeitungsanlagen versorgt, also etwa ein GuD-Kraftwerk, eine Wasserstoffherstellung und eben eine Fischer-Tropsch-Synthese.

In der ökologischen Bewertung ist ein kohlebasierter Fischer-Tropsch-Kraftstoff durch den schlechten Wirkungsgrad des Prozesses (<50%) und die CO<sub>2</sub>-Emissionen belastet; im Vergleich landet CtL-Kraftstoff mit 300 bis 400 gCO<sub>2</sub> pro km, CCS würde dies um etwa 150 g mindern; möglicherweise reicht ein Preis von etwa 30 \$/tCO<sub>2</sub> aus, um ein 90%-CCS attraktiv zu machen. Es wäre bei diesen Zahlen interessant, ein Elektro-Batterie-Fahrzeug zu vergleichen, wenn der Strom aus einem IGCC-Kraftwerk mit etwas über 50% Wirkungsgrad kommt; energetisch und nach CO<sub>2</sub>-Emissionen müsste das E-Fahrzeug wegen der effizienteren Antriebstechnik günstiger heraus kommen.

Löschels Dissertation darf allerdings nicht als Technologiehandbuch missverstanden werden; vielmehr geht es ihm um die Diffusionsbedingungen von CtL-Technologien unter verschiedenen Randbedingungen. So zeigt er in Fallstudien, dass der hohe Kühlwasserverbrauch der Verfahren – eine Konsequenz der schlechten Wirkungsgrade – in USA und China gerade dort zum Engpassproblem wird, wo billige Kohle ohne Transportaufwand verarbeitet werden könnte. Trockenkühlung würde den Wasserverbrauch zwar senken, aber Verluste und Kosten weiter erhöhen.

Auf der wirtschaftlichen Seite sind für CtL-Anlagen hohe Investitionskosten zu finanzieren, deren Rentabilität empfindlich von künftigen Zinsen und Preisen für Öl, Gas und CO<sub>2</sub>-Zertifikaten abhängt. Vallentin zeigt hierzu Bandbreiten von Annahmen und Kosten, die CtL-Investitionen bei Ölkosten in der Größenordnung von 100 \$/Fass profitabel machen könnten, wegen der vielen Unsicherheiten aber doch hochriskant blieben.

Politik und Gesellschaft kommen ins Spiel, wenn Energieversorgungssicherheit mit Autarkiestrategien beantwortet wird wie in USA weit verbreitet – statt Interdependenzstrategien, auf kleine und mittelgroße Staaten wie Deutschland alternativlos angewiesen sind. Dem verdanken nicht nur CtL-Anlagen, sondern auch Bio-Kraftstoffe beretwillige Förderung in den USA. Es wird entscheidend sein – nicht nur für die künftige Kohlenutzung, sondern weit darüber hinaus für den globalen Klimaschutz, ob sich im Kongress der USA eine Mehrheit für wirkungsvollen Klimaschutz, etwa durch eine ETS nach europäischem Vorbild findet; die radikale Opposition der republikanischen Minderheit zusammen mit Demokraten aus Kohleregionen sowie überschwappende Konflikte um die von Präsident Obama betriebene Gesundheitsreform lassen nichts Gutes erwarten.

Chinas noch immer unter dem Einfluss einer autoritären Zentralregierung stehende Energiepolitik dürfte sich für CtL-Anlagen förderlich auswirken. Offenbar wird in China in solchen Fragen strategischer gedacht und gehandelt, so dass Profitabilitätsrisiken weniger entscheidend sind. Andererseits zeigen Vallentins Untersuchungen, dass China nicht mehr leichtfertig mit Umweltverschmutzung, Wasserverbrauch und mangelder Energieeffizienz umgeht.

Für CtL in Deutschland ist zunächst das Ende des inländischen Abbaus von Steinkohle zu registrieren; ob genug Braunkohle für Verstromung und Kraftstoffe zur Verfügung steht, ist sehr zweifelhaft, auch wenn man an eine Integration von Fischer-Tropsch-Synthese in ein IGCC-Kraftwerk denken kann. Da zudem Deutschland nicht nur der EU-Klimaschutzpolitik folgt, sondern diese sogar aktiv treibt, sind so emissionsintensive Technologien wie CtL wenig aussichtsreich. Selbst bei CCS-Anwendung dürfte es bei zu hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen bleiben, wenn man nicht eine dann wohl unbezahlbare 100%-Abtrennung realisiert; im Rahmen des etablierten ETS würden sich CtL-Anlagen daher als Preistreiber im Zertifikatehandel erweisen. Vallentins Fallstudie kommt daher für Deutschland nicht zu einer Positivaussage zur Verbreitung der CtL-Technologie.

So interessant alle Angaben von Kosten und Plänen in beiden Arbeiten sind, so muss doch in Übereinstimmung mit den Autoren an die großen Unsicherheiten erinnert werden, die hinsichtlich Referenzpreisen von Öl, Kohle und CO<sub>2</sub>-Abgaben herrschen; auch sind die meisten Technologien zwar „vorhanden“, aber mit Ausnahme der Sasol-Technologie weder im großen Maßstab erprobt noch am Ende ihres Entwicklungspotenzials.

Entscheidend für den Einsatz der Kohle wird der CO<sub>2</sub>-Preis sein, wenn sich denn die Welt auf ein globales Bewirtschaftungssystem für Treibhausgase einigt; es ist unter sozio-ökonomischen Aspekten unwahrscheinlich, dass sich ein politischer Raum allein entschließt, Kohle nur noch mit CCS zu verwenden, während seine Wettbewerber billige Kohle ohne CO<sub>2</sub>-Vermeidung betreiben. Wie viele Betrachtungen zuvor kommen sowohl Löschel wie auch Vallentin zu CO<sub>2</sub>-Preisen um die 40 \$/t, wenn CCS-Technologien eine Chance haben sollen. Dabei kann niemand die Frage beantworten, bis zu welchem Grad erneuerbare Stromquellen in den einzelnen Ländern oder Regionen Kohle und Kernenergie vermeidbar machen; dabei geht es nicht um die bei Vollaustattung berechneten durchschnittlichen kWh-Kosten, sondern um die Versorgungskosten aus einem System mit so hoher Zuverlässigkeit, wie wir es heute genießen. Und es geht um den realen Strom- und Kraftstoffverbrauch der Zukunft und nicht um irgendein ökologisch attraktives Sparszenario, dessen gesellschaftliche Durchsetzbarkeit nicht annähernd gesichert erscheint.