

Kohlekraftwerke, Erdgaskraftwerk, Wasserstoffkraftwerk? Was kann wie umgerüstet werden und funktionieren die Dinger überhaupt?

Zusammenfassung basierend auf dem Vortrag von Wolfgang Geuer, Uni Fulda
10.03.2021

Ist eine Umrüstung auf Erdgas sinnvoll?

Hierfür betrachten wir den CO₂ Ausstoß und die Netzstabilität.

Der CO₂ Ausstoß bei der Verbrennung von Erdgas für die Stromerzeugung beträgt ca. 475 g/kWh CO₂; demgegenüber steht 1025 g/kWh CO₂ für Braunkohle-Verbrennung; für die Energie-Nutzung aus Photovoltaik hingegen nur 75 g/kWh, bei Wind 75 g/kWh und für Wasser 20 g/kWh oder auch weniger, wenn die erneuerbaren Energieträger selbst mit regenerativer Energie hergestellt werden.

Für die Netzstabilität der Stromversorgung muss jederzeit so viel Energie ins Netz eingespeist werden, wie auch verbraucht wird. Kleinste Ungleichgewichte führen zum Zusammenbruch der Stromversorgung. Konventionelle Kraftwerke mit ihren Generatoren stellen bisher die Regelenergie zur Verfügung, die das Netz stabil halten. In der EU drehen sich alle Generatoren synchron mit 50 Umdrehungen pro Sekunde, was zu einer Netzfrequenz von 50 Hertz führt. Wenn mehr Energie verbraucht wird, sinkt die Frequenz minimal und wird durch Energie aus der Regelreserve ausgeglichen. Die konventionellen Kraftwerke in Deutschland haben eine Regelreserve von insgesamt 7.000 MW. Wenn die Grenze von +/- 0,2 Hertz Veränderung (gegenüber 50 Hertz) erreicht ist, dann sind die Regelreserven der Kraftwerke erschöpft und es muss aktiv Last (Verbraucher) abgeschaltet werden. Es kommt zu einem Black Out in einem Stromversorgungsgebiet. Die Schwankungsbreite – wie schnell die Frequenz runter geht – hängt von der Anzahl der Generatoren ab, die sich im System befinden und drehen, da die Energie in Schwungmasse (drehenden Generatoren) gespeichert ist. Mit weniger Generatoren im System, müssen die Kraftwerke schneller mit Energie aus der Regelreserve nachregeln. Bisher ist die Netzstabilität ohne Generatoren nicht möglich. Ein einfaches Abschalten der Kraftwerke und der Generatoren funktioniert nicht; dafür müssen in Zukunft, andere Mechanismen gefunden werden.

Funktionsweise eines Kohlekraftwerks

Ein gewöhnliches Kohlekraftwerk hat einen Wirkungsgrad von ca. 40% und umfasst grob drei Gebäude; einen Schornstein, einen Kühlturm und ein Maschinenhaus mit Brennkammer.

Von außerhalb des Geländes wird Kohle herangefahren und auf Halden gelagert. Per Förderband wird die Kohle dem Kohlebunker zugeführt, getrocknet und dann in der Kohlemühle zu feinem Kohle-Staub gemahlen und Luft zugeführt. Das Kohle-Luft-Gemisch wird durch ein Gebläse in die Brennkammer gepustet, verwirbelt und dann verbrannt. Dabei entsteht Schlacke; diese fällt nach unten aus. Die heißen Verbrennungsgase steigen auf und erwärmen Rohrleitungen, die Wasser enthalten. Das Wasser verdampft. Der Dampf wird weiter erhitzt und dann Turbinen zugeführt. Der Dampf strömt an den Turbinenschaufeln vorbei und treibt sie dabei an. Mit der Bewegung der Turbinenschaufeln dreht sich die Achse, die an einen Generator angeschlossen

ist. Der Generator erzeugt den Strom, der über einen Transformator geht und dann ins Netz eingespeist wird.

An der Turbine kommt zudem der Dampf heraus und aus dem Dampf wird im Kondensator wieder Wasser erzeugt, indem der Dampf abgekühlt wird mit Hilfe kühlen Wassers, dass im Kühlturm erzeugt wird. Danach geht das abgekühlte Wasser wieder zurück in die Rohrleitungen oberhalb der Brennkammer und der Prozess beginnt von vorn. In der Brennkammer werden die heißen Gase kühler, nachdem sie die Wärme abgegeben haben, die Gase werden dann gefiltert und über den Schornstein ausgestoßen.

Umrüstung von Kohle- auf Gas-Kraftwerk

Bei der Umwandlung eines Kohle-Kraftwerks zu einem Gas-Kraftwerk fallen die Anlagen für die Kohle-Verarbeitung weg (Förderband, Kohlebunker, Kohlemühle, Einführung der Kohle in Brennkammer). Stattdessen wird ein spezieller Gas-Brenner in der Brennkammer benötigt, sowie eine Gas-Leitung, die zur Brennkammer führt. Beseitigt werden müssen die Isolierungen in der Brennkammer und der Auslass der Schlacke. Die Umrüstung kostet ca. 15 mio € bei einem 100 KW Kraftwerk. Der Neubau eines modernen 100 KW Kraftwerks kostet ca. 100mio € kosten. Ein Nachteil bei dieser Umrüstung ist, dass der Wirkungsgrad gegenüber dem Kohle-Kraftwerk sich um 2-5% reduziert.

Ein modernes Gas- und Dampf-Kraftwerk (GuD) hat einen Wirkungsgrad von 60%. Im Unterschied zu einem Gas-Kraftwerk werden in die Brennkammer Abgase (statt Gase) zugeführt.

Der Brennkammer vorgelagert ist eine Gas-Turbine (aufgebaut wie eine Flugzeug-Turbine). Einer spezifischen Gas-Turbine wird spezifisches Gas (z.B. Kerosin, Erdgas oder Wasserstoff) und Luft zugeführt. In der Gas-Turbine findet direkt die Verbrennung statt und die Turbinen-Schaufeln werden angetrieben. An die Gas-Turbine ist ein Generator angeschlossen, der Energie erzeugt.

Diese Gas-Turbine weist mit 30%, einen eher schlechten Wirkungsgrad auf, kann aber sehr schnell in Betrieb genommen und gut geregelt werden. Wenn aber die Abgase der Gas-Turbine genutzt werden und in einem zweiten Teil des Kraftwerks geleitet, um einen Dampf-Prozess zu betreiben, dann kommt das Kraftwerk auf einen Gesamt-Wirkungsgrad von ca. 60%.

Wenn ein Kohle-Kraftwerk in ein GuD-Kraftwerk umgewandelt werden soll, dann sollte nicht nur die vorgelagerte Gas-Turbine eingebaut werden, sondern auch noch die Brennkammer, Brennkessel sowie die Dampfturbine ausgetauscht werden. Die Kosten für die Umrüstung von Kohle- auf GuD-Kraftwerk betragen ca. 75mio € für ein 100 MW Kraftwerk, das entspricht $\frac{3}{4}$ eines Neubaus.

Umrüstung eines Gas-Kraftwerks auf Wasserstoff

Bei der Betreibung eines Gas-Kraftwerks mit Wasserstoff werden keine CO₂ Emissionen erzeugt, sofern der Wasserstoff mit regenerativen Energien erzeugt wurde. Wenn die eingebaute oder umgerüstete Gas-Turbine, schon für Wasserstoff geeignet ist (demnach auch eine höhere Hitze bei der Verbrennung des Gases aushält), dann kann das Kraftwerk direkt mit Wasserstoff betrieben werden. Turbinen für Wasserstoff bis 100 MW sind erhältlich.

Wasserstoff-Leitungen

In Industrie-Betrieben gibt es schon Erdgas-Rohrleitungen, die auch Wasserstoff leiten können. In den gegenwärtigen Erdgas-Leitungen können bis zu 10% Wasserstoff beigemischt werden, dass soll sich bis zum Jahr 2030 auf 20%

erhöhen. Aus Sicherheitsgründen können Erdgas-Rohre nicht ohne weiteres auf Wasserstoff umgestellt werden. Wasserstoff führt zur Alterung der Materialien und führt an metallischen Stellen zur Korrosion.

Ein noch größeres Problem sind die an die Gas-Leitung angeschlossenen Geräte im Haushalt (z.B. Herd, Heizungsanlage). Diese müssten ausgetauscht werden, bevor durch die Gas-Netze reiner Wasserstoff geleitet wird.

Wasserstoffleitungen bräuchten wir nur für Industrie-Anwendungen und Gas-Kraftwerke.

Kohlekraftwerke direkt auf Wasserstoff umrüsten?

Für die normale Stromversorgung sollte kein Wasserstoff eingesetzt werden, auch nicht zur Beimischung im Netz, weil dabei wertvoller Ökostrom verloren geht.

Kohlekraftwerke umnutzen

Eine Möglichkeit, um Teile von Kohlekraftwerken zu nutzen, besteht darin, die Generatoren im Leerlauf am Netz zu lassen. Das ist hilfreich für die Netzstabilität und Blindleistung. Der Kraftwerksrost könnte auch umgenutzt werden für eine Speichertechnologie. Generell sollten neue Lösungen ausprobiert werden, um CO₂ einzusparen, aber dann muss man auch mutig sein um Ideen wieder auszusortieren und zu verwerfen.