

Was ist von kombinierten Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerken (GuD-Anlagen) zu erwarten ?

von Klaus Kasper
e-mail Klaus.Kasper@energie-fakten.de

Hier die Fakten - vereinfachte Kurzfassung

Mitte der 1990er Jahre kamen Gasturbinen größerer Leistung mit hohen Wirkungsgraden (über 38 Prozent) und sehr hohen Abgastemperaturen, die in einer nachgeschalteten Kesselanlage zur Dampfproduktion genutzt werden können, auf den Markt.

Zugleich waren seit Anfang der 1990er Jahre die Erdgaspreise kontinuierlich gefallen und hatten sich den Steinkohlepreisen stark angenähert. Schließlich waren die großen Gasturbinenhersteller aus betriebswirtschaftlichen und wettbewerblichen Gründen bereit, günstige Preise zu gewähren.

Auf diese Weise wurde es möglich, sog. GuD- oder Kombi-Kraftwerke hoher Leistung mit relativ niedrigen Investitionskosten zu errichten und ebenso mit niedrigen Stromgestehungskosten zu betreiben.

Bei solchen GuD-Kraftwerken werden Gas- und Dampfturbinen kombiniert.

Typische GuD-Anlagen haben Leistungen von 350 bis 400 Megawatt elektrisch (MW_{el}), falls eine Gasturbine zum Einsatz kommt,

oder bis zu $800 MW_{el}$ bei der Kombination zweier Gasturbinen mit einer Dampfturbine. Große GuD-Kraftwerke erreichen elektrische Netto-Wirkungsgrade von über 58 Prozent. Der Brennstoff Erdgas wird dadurch sehr effizient genutzt.

Die Stromerzeugungskosten von GuD-Anlagen liegen mit 3 bis 3,5 Cent je Kilowattstunde (kWh) etwa gleich günstig wie diejenigen moderner Kern- und Steinkohle-Kraftwerke. Ihre CO_2 -Emissionswerte sind deutlich besser als diejenigen der kohlebefeuernden Anlagen, aber natürlich nicht zu vergleichen mit denen der CO_2 -freien Kernenergie-Anlagen.

Die Vorzüge von GuD-Kraftwerken bestehen sowohl in der Wirtschaftlichkeit als auch in ihrer besonderen Umweltfreundlichkeit, der einfachen Konzeption und der breiten Einsatzfähigkeit.

Risiken der GuD-Anlagen sind wirtschaftlicher Natur. Sie beruhen auf dem hohen Anteil der Brennstoffkosten an ihren Stromgestehungskosten und damit auf dem aktuellen Gaspreisniveau und dessen Entwicklung.

Dieses Risiko kann sich allerdings mindern, wenn es zukünftig bei den anderen Brennstoffen zur Einrechnung von höheren Kosten für Emissionszertifikate kommt.

Eine GuD-Anlage ist auch hinsichtlich der Bereitstellung von Wärme vorteilhaft.

In Deutschland, Europa und der übrigen Welt sind derartige GuD-Kraftwerke inzwischen mit einer Gesamtleistung von mehr als 250.000 MW_{el} gebaut worden. Alle Anlagen haben sich bewährt und weisen inzwischen zusammen eine reiche Betriebserfahrung mit den neuen großen Gasturbinen auf.

Die Zukunft der GuD-Kraftwerke wird in Deutschland vorrangig davon abhängen, ob und mit welchem Erfolg es gelingt, Erdgas für den Einsatz in Kraftwerken zu günstigen Konditionen (und langfristig auch losgelöst von der Ölpreisbindung) einzukaufen.

Lesen Sie mehr in der Langfassung.

Was ist von kombinierten Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerken (GuD-Anlagen) zu erwarten ?

von Klaus Kasper

e-mail Klaus.Kasper@energie-fakten.de

Hier die Fakten - Langfassung

Einleitung

Mitte der 1990er Jahre kamen Gasturbinen größerer Leistung mit hohen Wirkungsgraden (über 38 Prozent) und sehr hohen Abgastemperaturen, die in einer nachgeschalteten Kesselanlage zur Dampfproduktion genutzt werden können, auf den Markt.

Zugleich waren seit Anfang der 1990er Jahre die Erdgaspreise kontinuierlich gefallen und hatten sich den Steinkohlepreisen stark angenähert. Schließlich waren die großen Gasturbinenhersteller aus betriebswirtschaftlichen und wettbewerblichen Gründen bereit, günstige Preise zu gewähren.

Auf diese Weise wurde es möglich, sog. GuD- oder Kombi-Kraftwerke hoher Leistung mit niedrigen Investitionskosten zu errichten und ebenso mit niedrigen Stromgestehungskosten zu betreiben.

Beschreibung der Kraftwerkskonzeption

Bei solchen Kraftwerken werden Gas- und Dampfturbinen kombiniert.

Der Brennstoff Erdgas (u. U. auch leichtes Heizöl) wird in der Brennkammer der Gasturbine entzündet. Die heißen Brenngase treiben die Gasturbine (sowie den Kompressor) an und werden als noch sehr heiße Abgase einem nachgeschalteten Kessel zugeführt. Dieser Kessel ist meist (außer bei kleinen Gasturbinen) als sog. Abhitzeessel, d.h. ohne zusätzliche Feuerung, ausgeführt. Mittels dieses Kessels wird Dampf zum Antrieb einer Dampfturbine produziert.

Als Faustregel für die Kombination von Gas- und Dampfturbinenleistung gilt das Leistungsverhältnis von ungefähr zwei (Gasturbinen) zu drei (Dampfturbine). Typische GuD-Anlagen haben somit Leistungen von 350 bis 400 Megawatt elektrisch (MW_{el}), falls eine Gasturbine zum Einsatz kommt, oder bis zu 800 MW_{el} bei der Kombination zweier Gasturbinen mit einer Dampfturbine.

Große GuD-Kraftwerke erreichen elektrische Netto-Wirkungsgrade von über 58 Prozent. Der Brennstoff Erdgas wird dadurch sehr effizient genutzt. Dieser

hohe Wirkungsgrad und das relativ kohlenstoffarme Erdgas bewirken zugleich eine bei Kraftwerken (abgesehen von Kernkraftwerken) einzigartig niedrige Emission von klimaschädlichen Gasen, insbesondere CO_2 .

Die weitere Entwicklung der Gasturbinen-Technik hinsichtlich der erreichbaren Abgastemperaturen verspricht Wirkungsgrade von deutlich über 60 %. Zum Vergleich: Der Wirkungsgrad eines Kohlekraftwerks neuester Bauart beträgt rd. 43 Prozent bei Braunkohle und rd. 46 Prozent bei Steinkohle.

Die Stromerzeugungskosten von GuD-Anlagen liegen mit 3 bis 3,5 Cent je Kilowattstunde (kWh) etwa gleich günstig wie diejenigen moderner Kern- und Steinkohle-Kraftwerke. Ihre CO_2 -Emissionswerte sind deutlich besser als diejenigen der kohlebefeierten Anlagen, aber natürlich nicht zu vergleichen mit denen der CO_2 -freien Kernenergie-Anlagen.

Vorzüge und Risiken von GuD-Kraftwerken

Die Vorzüge von GuD-Kraftwerken bestehen sowohl in der

LANGFASSUNG

Wirtschaftlichkeit als auch in ihrer besonderen Umweltfreundlichkeit, der einfachen Konzeption und der breiten Einsatzfähigkeit.

Der Anteil der Kapitalkosten und der fixen Betriebskosten an den Stromerzeugungskosten ist, nicht zuletzt aufgrund des niedrigen Personalbedarfs (etwa ein Fünftel gegenüber einem Kohleblock), sehr gering. Sie liegen bei etwa der Hälfte derjenigen eines modernen Steinkohlenkraftwerks.

Auch für die spezifischen CO₂-Emissionen je kWh ergibt sich ein um rd. 50 Prozent niedrigerer Wert im Vergleich zu Steinkohle. Neben dem hohen Wirkungsgrad gibt dafür der geringe Kohlenstoff-Gehalt des Erdgases den Ausschlag.

Anfänglich hatten alle Gasturbinenhersteller (ABB, heute ALSTOM, Siemens, General Electric) technische Probleme mit den großen fortgeschrittenen Gasturbinen. Diese konnten überwunden werden. Die weiterhin gegebenen Risiken der GuD-Anlagen sind wirtschaftlicher Natur. Sie beruhen auf dem hohen Anteil der Brennstoffkosten an ihren Stromgestehungskosten und damit auf dem aktuellen Gaspreisniveau und dessen Entwicklung.

Dieses Risiko kann sich allerdings mindern, wenn es zukünftig bei den anderen Brennstoffen zur Einrechnung von höheren Kosten für Emissionszertifikate (höher als die bisher im nationalen Allokationsplan enthaltenen Ansätze) kommt. Dann hätten GuD-Anlagen nach den Kernkraftwerken die günstigsten

Stromerzeugungskosten deutlich vor Braun- und Steinkohle-Kraftwerken, erst recht vor Wind- und ganz besonders den extrem teuren Solar-Kraftwerken (Photovoltaik-Anlagen).

Einsatz und Entscheidungshintergründe

GuD-Kraftwerke können je nach dem Erdgas-Preisniveau vielfältig eingesetzt werden. Die Erdgaspreise schwanken stark mit steigender Tendenz, im Gegensatz etwa zu den Preisen für Import-Steinkohle. So bewegten sie sich (bezogen auf den unteren Heizwert) seit 1991 zwischen 6 und 17 € je Megawattstunde – MWh (1 MWh = 1.000 Kilowattstunden), während die Kohlepreise sich im gleichen Zeitraum in einer engen Bandbreite von 4 bis 7 € je MWh hielten.

Eine GuD-Anlage ist auch hinsichtlich der Bereitstellung von Wärme (zusätzlich zur und gekoppelt mit der Erzeugung von Strom) vorteilhaft, weil die sog. Stromkennziffer, d. h. das Verhältnis von Strom- zu Wärmeleistung, etwa den Wert „1“ (d. h. ein Kilowatt – KW – Strom zu ein KW Wärme) erreicht anstelle von 0,2 bis 0,3 bei einer Wärmeauskopplung aus einem reinen Dampfturbinenkraftwerk.

Für die gekoppelte Bereitstellung von Wärme muss jedoch stets eine ausreichend große und langfristig gesicherte Wärmeabnahme vorhanden sein.

Die Einsatzbreite der GuD-Anlagen erstreckt sich somit von häufigen Anforderungen im Spitzenlastbereich (einige 100 Volllast-Stunden im Jahr (h/a)) und

oberen Mittellastbereich (bis zu etwa 4000 h/a) über den von der Wärmenachfrage bestimmten Einsatz (etwa 5000 h/a) bis hin zu ganzjährigem Betrieb bei Industrieunternehmen und damit hier auch in den Grundlastbereich der Stromversorgung hinein.

Typisch für letzteres waren die Bauentscheidungen im Umfang von bis zu knapp 20.000 MW in Großbritannien in der zweiten Hälfte der 90er Jahre. Hier war die Zielsetzung, schnell und kostengünstig sowie wettbewerbsgerecht die alten und die Umwelt belastenden Kohlekraftwerke Englands zu ersetzen. Das billige Nordsee-Erdgas ermöglichte diese Strategie.

In Deutschland sind Überlegungen naheliegend, anstelle von (überwiegend zu importierendem und in begrenzten Ressourcen vorkommendem) Erdgas aus Kohle, nicht zuletzt auch heimischer Kohle, gewonnenes Kohlegas in GuD-Kraftwerken einzusetzen. Die Technik der Kohlevergasung hat hier eine besondere Tradition. Allerdings ist man dabei bisher aus wirtschaftlichen und technischen Gründen in Westdeutschland nicht über Versuchsstadien hinaus gekommen und in der früheren DDR auch nicht in die Großproduktion eingestiegen.

So hatte beispielsweise der Versorger RWE AG anfangs der 1990er Jahre ein derartiges Konzept für ein Kombikraftwerk mit Braunkohlevergasung (genannt KoBra) in Arbeit. Wegen der Kosten der Kohlevergasung, der Problematik bei deren Entwick-

LANGFASSUNG

lung zur technischen Reife, der Probleme bei den für den Wärmehaushalt notwendigen Wärmetauschern und der für die Gasturbinen-Anforderungen zwingend notwendigen höchst effizienten Reinigung des Kohlegases wurde dieses Konzept jedoch zugunsten eines fortgeschrittenen großen Braunkohlenkraftwerks mit optimierter Anlagentechnik (genannt BoA) nicht weiter verfolgt.

Stand der GuD-Anlagen und Ausblick

GuD-Anlagen sind in Deutschland bereits seit Anfang der 1990er Jahre zunächst bei Industrieunternehmen (u.a. BASF, Bayer, Ford, Opel) und Stadtwerken (u.a. Leipzig, Dresden,) gebaut und betrieben worden. Die Gründe hierfür waren im wesentlichen die niedrigen Investitionskosten, der geringe Platzbedarf, die relativ kurze Bauzeit, der geringe Personalbedarf, die effiziente Wärmeauskopplung und die - angesichts damals vergleichsweise niedriger Erdgaspreise - günstige Stromerzeugung in diesen Anlagen. Dort wurden die bis dahin größten marktgängigen Gasturbinen mit Einzelleistungen von etwa 130 MW_{el}, teils in Zwillingausführung, eingesetzt.

Manche der damaligen Entscheidungsmerkmale sind in der Zwischenzeit infolge der Liberalisierung des Strommarktes hinfällig geworden. Das hat den Ruf nach weiterer Förderung von Kraft-Wärme-Koppelungen (KWK)-Anlagen laut werden lassen.

Erst mit der schon angesprochenen Markteinführung der

großen ca. 250 bis 280 MW_{el} leistenden Gasturbinen mit ihren hohen Wirkungsgraden, der optimierten Verbrennungsleistung und den (aufgrund der verbesserten Materialien) extrem hohen Austrittstemperaturen konnten die typischen GuD-Kraftwerke mit Leistungen im Umfang der großen Kohleblöcke realisiert werden.

In Deutschland, Europa und der übrigen Welt sind derartige GuD-Kraftwerke aus den dargelegten Erwägungen mit einer Gesamtleistung von mehr als 250.000 MW_{el} gebaut worden. Alle Anlagen haben sich bewährt und weisen inzwischen zusammen eine reiche Betriebserfahrung mit den neuen großen Gasturbinen auf.

Speziell in Deutschland haben diese Anlagen gegen den anfänglichen Widerstand des Kohlelandes Nordrhein-Westfalen eine staatliche Unterstützung insoweit erfahren, als sie von der Erdgassteuer entlastet werden, wenn diese Anlagen einen Wirkungsgrad von 57,5 Prozent und mehr aufweisen und spätestens 2007 in Betrieb gehen.

Diese Begünstigung ist in einigen Fällen auch schon genehmigt worden.

Die Zukunft der GuD-Kraftwerke wird in Deutschland vorrangig davon abhängen, ob und mit welchem Erfolg es gelingt, Erdgas für den Einsatz in Kraftwerken zu günstigen Konditionen (und langfristig auch losgelöst von der Ölpreisbindung) einzukaufen. Einige Gasproduzenten sind interessiert, ein zusätzliches Geschäftsvolumen auf-

zubauen und bereit, sich an den Investitionen derartiger GuD-Kraftwerke zu beteiligen.

Gleichwohl ist eine Aussage darüber, welchen Anteil GuD-Kraftwerke am zukünftigen Kraftwerksmix in Deutschland einnehmen werden, nicht zuverlässig machbar. Die Energiepolitik in Deutschland gibt momentan noch keine klaren Anhaltspunkte für den Kraftwerkspark der Zukunft. Die Rolle der Kernenergie ist angesichts der Problematik der Einhaltung der Klimaziele unklar. Zwar soll es nach der Vereinbarung der Kernenergiebetreiber mit der Bundesregierung zu einem Auslaufen der Kernenergienutzung bis etwa zum Jahre 2020 kommen. Doch spricht vieles dafür, dass u.a. aus Klimaschutz-Gründen die Laufzeit der modernsten Kernkraftwerke verlängert werden wird. Sicher wird es auch zukünftig in beachtlichem Umfang zur Erzeugung von Kohlestrom in Deutschland in modernsten Anlagen kommen. Der Anteil der regenerativen Energien soll mit massiven Subventionen weiter ausgebaut werden.

Daher kann die mittelfristige Gesamtleistung von gasgefeuerten GuD-Anlagen mit etwa 20.000 bis 25.000 MW_{el} angenommen werden. Die derzeitige Leistung von gasgefeuerten Anlagen beträgt etwa 15.000 MW_{el}. Für Deutschland wie auch für Europa stellt dabei die Verfügbarkeit von kostengünstigem wettbewerbsfähigem Erdgas die Ausschlag gebende Komponente dar.

LANGFASSUNG

Diese Frage spielt selbstverständlich auch für die Leistung der GuD-Anlagen in der Welt eine Rolle, wobei hier jedoch andere Bedingungen für den Zugang zum Energieträger Erdgas vorliegen und stärker als in Deutschland und Europa auch kurzfristige wirtschaftliche Faktoren maßgebend sind. ■