

Ökonomische und ökologische Chancen der Kraft-Wärme-Kopplung: Notwendige Rahmenbedingungen

DR. ARNOLD TOLLE*

In den nächsten Jahren sind erheblich zunehmende Anforderungen an die Reduktion von Treibhausgasen zu erwarten. Der letzte Bericht des IPCC¹ fiel schon sehr besorgniserregend aus. Die jüngsten, daran anschließenden Ergebnisse der internationalen Klimaforschung lagen jedoch nochmals auf einem deutlich höheren Alarmniveau. Untermuert wurden die klimatischen Ergebnisse durch die Darstellung der wirtschaftlichen Konsequenzen im Stern-Report. Dies zeigt sich deutlich in der Zielsetzung des aktuellen EU-Entwurfs zum Emissionshandel ab 2013.

Es liegt sowohl im volkswirtschaftlichen wie auch individuellen Interesse der einzelnen Unternehmen, den erforderlichen Finanzbedarf möglichst effizient für effektive Emissionsminderungen einzusetzen und die finanziellen Anreizmechanismen entsprechend auszugestalten. Eine teure Förderung von wenig effizienten und in vielen Fällen sogar kontraproduktiven Maßnahmen sollte vermieden werden, da die Kosten dafür letztlich von allen Marktteilnehmern getragen werden müssen.

Niedrigste Emissionen in KWK

In der Stromerzeugung weist die mit Erdgas betriebene Kraft-Wärme-Kopplung die mit Abstand niedrigsten spezifischen CO₂-Emissionen aller mit heutiger Technologie verfügbaren fossilen Kraftwerke auf (s. Abb. 1). Diese Werte lassen sich sehr einfach ermitteln, indem bei einer KWK-Anlage der Brennstoffbedarf bestimmt wird, der über die Deckung des Wärmebedarfs hinaus allein für die Stromerzeugung benötigt wird. Diese Methode² ist bereits

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change

² s.a. www.tolle.de/service/download/To_VIK_NAP_KWK.pdf

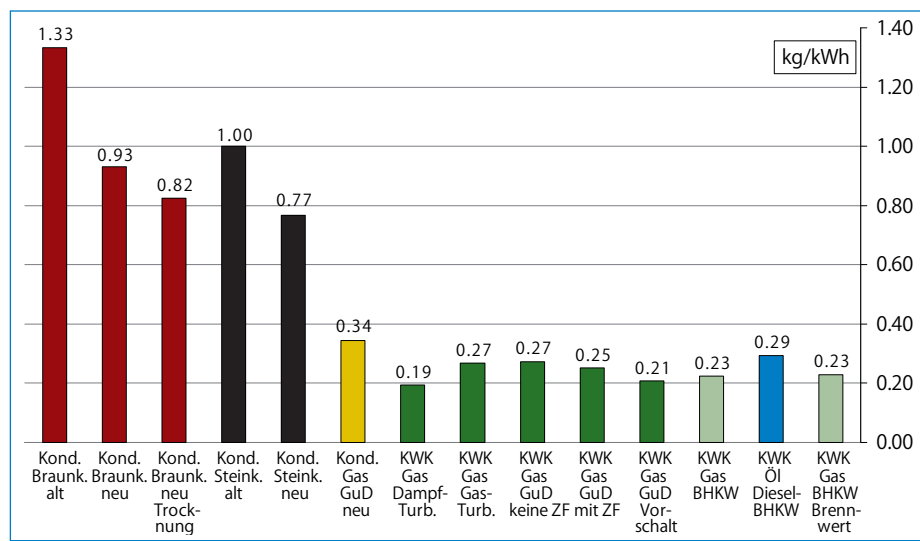


Abb. 1: CO₂-Emissionen Stromerzeugung – In KWK niedriger als in allen anderen fossilen Kraftwerken

als Standardverfahren in der ersten und zweiten Handelsperiode des europäischen Emissionshandels etabliert.

KWK-Potentiale in der Industrie

Die größten KWK-Potentiale liegen in der Industrie. Dies haben verschiedenste Potentialabschätzungen auch unter Beteiligung des VIK³ immer wieder gezeigt. Um dieses Potential auszuschöpfen, sollten KWK-Anlagen mit hohen Stromkennzahlen – dem Verhältnis von erzeugtem Nettostrom zur erzeugten Nettowärme – nahe $s = 1$ realisiert werden.

Reduktionspotential abhängig von Stromkennzahl

Abb. 2 zeigt das CO₂-Reduktionspotential verschiedener Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, die alle einen einheitlichen Wär-

³ s.a. www.tolle.de/service/download/GKWK000901.pdf

meverbraucher bedienen. Anlagen mit Gas- und Dampfturbinen ohne Zusatzfeuerung weisen aufgrund ihrer maximalen Stromkennzahl das höchste Reduktionspotential auf.

GuD-Anlage mit Entnahme-/Kondensationsdampfturbine

Noch höhere Werte sowohl hinsichtlich der Stromkennzahl als auch des CO₂-Reduktionspotentials können von GuD-Anlagen erzielt werden, die mit einer Entnahme-kondensationsdampfturbine ausgestattet sind. Größere Anlagen dieser Art zeichnen sich zusätzlich durch folgende Vorteile aus:

- höhere Wirkungsgrade der Gas- und Dampfturbinen
- höhere Frischdampfparameter
- oft höhere Abgastemperaturen und damit höhere Wirkungsgrade des Abhitze-kessels

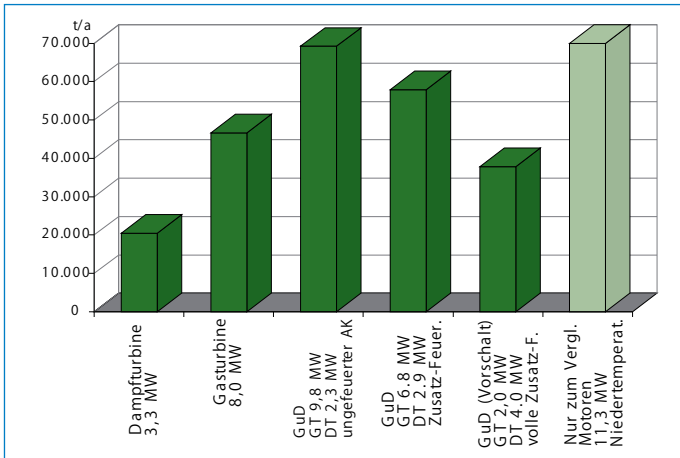


Abb. 2: CO₂-Reduktion KWK Stromerzeugung – Hier: 8000 h/a; Dampf 20 t/h; Ersatz Steinkohle-Kond.-KW

zu vergleichen (s. Abb. 1).

Oft wird auf den hohen Gesamtnutzungsgrad der KWK hingewiesen. Eine darauf fokussierte Betrachtungsweise führt allerdings oft zu suboptimalen Lösungen⁴: So mag eine kleine KWK-Anlage mit Mikrogasturbine zwar einen hohen Gesamtnutzungsgrad von 80 Prozent

mit Feststoff-Feuerung gerichtet werden, die nicht mit Biomasse sondern mit Stein- oder Braunkohle betrieben werden. Als Dampfturbinenprozesse weisen derartige Anlagen in der Regel niedrige Stromkennzahlen auf. Dies bedeutet, dass bezogen auf die elektrische Leistung ein Vielfaches an Wärmeleistung abgegeben wird. Ersetzt man mit einer solchen Anlage daher zum Beispiel einen gasgefeuerten Kessel zur Wärmeversorgung, so wird dessen mit relativ geringen spezifischen Emissionen bereitgestellte Wärme nun durch die Wärme mit deutlich höheren spezifischen Emissionen aus der mit Feststoff betriebenen Feuerung ersetzt. Die Emissionen auf der Wärmeseite steigen also deutlich an. Die Vorteile im Bereich der Stromerzeugung können bei kohlegefeuerten KWK-Anlagen schnell verloren gehen. Die höheren Emissionen auf der Wärmeseite führen insgesamt zu höheren Emissionen, als wenn die Wärme nach wie vor im Gaskessel und der Strom in einem hochmodernen Kohlekraftwerke erzeugt würde. Der Zusammenhang wird in Abb. 3 verdeutlicht.

- Mögliche zusätzliche Wärmeauskoppelung in einer dritten Druckstufe im Kessel zur Einspeisung in den Kondensatorteil der Dampfturbine
- niedrige spezifische Investitionskosten
- günstigere Brennstoff-Beschaffungskosten
- zusätzliche Spitzenstromerzeugung
- hohe Flexibilität im Falle plötzlicher großer Lastschwankungen im Dampfverbrauch (z.B. beim Bahnrisser oder auch Anfahren einer Papiermaschine)

aufweisen, aufgrund des niedrigen elektrischen Wirkungsgrades von z. B. 15 Prozent liegt der KWK-Wirkungsgrad bei nur 52 Prozent und die Stromerzeugung erfolgt mit 380 kg/MWh. Diese Werte sind schlechter als die eines modernen GuD-Kraftwerkes, sogar ohne Kraft-Wärme-Kopplung. Es machte daher wenig Sinn, derartige Anlagen zu fördern.

Kohle-KWK kann Emissionen erhöhen

Ein zusätzliches Augenmerk sollte auf KWK- und Wärmeversorgungs-Anlagen

Da die Mittel zur Förderung derartiger Anlagen – ob nun über das KWK-Gesetz oder im Emissionshandel – von vielen anderen Unternehmen aufgebracht werden müssen, erscheint es im Sinne einer verursachungsgerechten Lastenverteilung sinnvoll, von einer derartigen kontraproduktiven Förderung Abstand zu nehmen.

Gelegentlich wird eingewendet, derartige Anlagen entsprächen nicht den strengen Anforderungen an KWK-Anlagen. Dem kann entgegengehalten werden, dass der Strom in diesen Anlagen dennoch mit deutlich niedrigeren Emissionen als in konventionell gasgefeuerten GuD-Kraftwerken ohne KWK erzeugt wird.

4 s.a. www.tolle.de/service/download/VIK_Zertifizierung_Tolle.pdf

Die nachfolgend vorgestellten Regeln stellen sicher, dass nur Anlagen mit niedrigen spezifischen Emissionen eine Anreizregelung erhalten.

Die spezifische CO₂-Emission als zielgerichtetes Bewertungskriterium

Entscheidend für die Bewertung von KWK-Anlagen sollten sowohl im KWK-Gesetz als auch im Emissionshandel grundsätzlich nur die spezifischen CO₂-Emissionen der Stromerzeugung sein. Sie sind, wie oben gezeigt, direkt mit anderen Kraftwerken

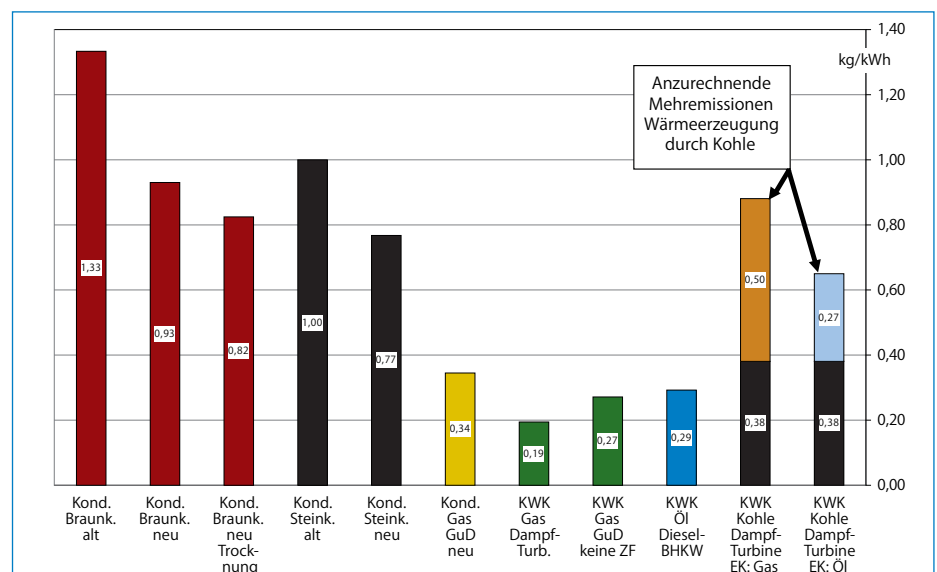


Abb. 3: CO₂-Emissionen Stromerzeugung – Hier: Kohleverstromung in Kraft-Wärme-Kopplung

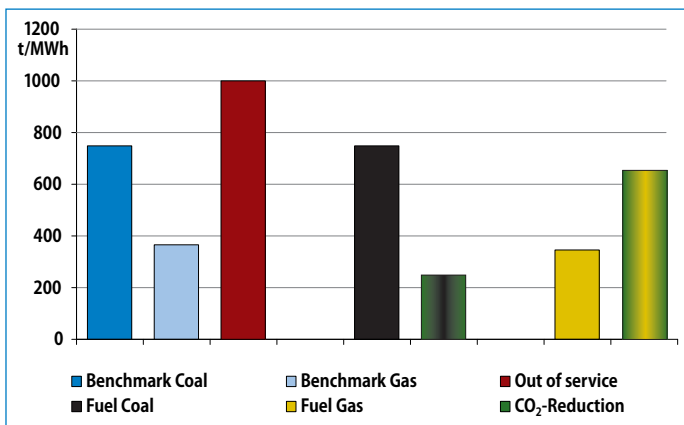


Abb. 4: Unterschiedliche Benchmarks Kohle und Gas sowie CO₂-Reduktionen

Kohle-Kraftwerke im Wettbewerb auch zur KWK

Einheitlicher Benchmark vermeidet Wettbewerbsverzerrungen

Es besteht allerdings auch die Möglichkeit, dass die KWK wie andere gasgefeuerte Kraftwerke auch eine negative Anreizregulierung erhält. Dies ist zurzeit aufgrund der brennstoffbezogenen, unterschiedlichen Benchmarks für Kohle und Gas der Fall.

Die Abb. 4 verdeutlicht den Zusammenhang: Es wird angenommen, dass ein älteres Steinkohle-Mittellastkraftwerk außer Betrieb genommen wird und durch entweder ein neues Kohle- oder ein neues Gaskraftwerk ersetzt wird. Die erste Gruppe zeigt die unterschiedlichen Benchmarks für Strom aus Kohle und Gas sowie die Emissionen des außer Betrieb gehenden Kraftwerkes. Die zweite Gruppe zeigt die tatsächlichen Emissionen des neuen Kohlekraftwerks sowie die sich

daraus gegenüber dem außer Betrieb gehenden Kraftwerk ergebenden Einsparungen an CO₂. In der dritten Gruppe wird dieser Zusammenhang für das Gaskraftwerk dargestellt.

In der nachfolgenden Grafik werden nun die gemäß Benchmark frei zugeteilten Zertifikate in Beziehung gesetzt zu der tatsächlichen Einsparung an Emissionen. Man sieht: Obwohl neue Kohlekraftwerke mit deutlich niedrigen Brennstoffkosten

sächlichen Einsparung an Emissionen. Man sieht: Obwohl neue Kohlekraftwerke mit deutlich niedrigen Brennstoffkosten

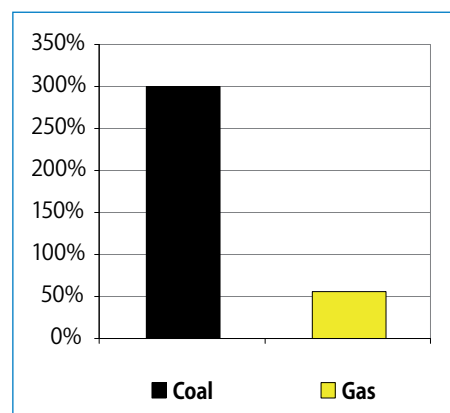


Abb. 5: Frei zugeteilte Zertifikate pro eingesparter t CO₂

kalkulieren können, wird ihnen im jetzigen NAP bezogen auf die tatsächlichen Einsparungen bei Außerbetriebnahme eines älteren Kohlekraftwerkes (1,0 t CO₂/MWh)

gegenüber einem gasgefeuerten (KWK-) Kraftwerk etwa die 6-fache CO₂-Menge zugeteilt. Die Kosten hierfür belasten alle übrigen Marktteilnehmer (s.o.). Man kann dies daher als eine unzulässige Subventionierung von vergleichsweise sehr CO₂-intensiven Kraftwerken ansehen.

Für alle gasgefeuerten Kraftwerke und damit auch für entsprechende KWK-Anlagen erfolgt daher eine deutliche Wettbewerbsverzerrung.

Gasgefeuerte KWK im Wettbewerb zu großen GuD-Kraftwerken

Voraussetzung für die Realisierung der ökologischen Vorteile der gasgefeuerten Kraft-Wärme-Kopplung ist die Realisierung von ökonomischen Vorteilen gegenüber gasgefeuerten, großen GuD-Kraftwerken. Vorteil der KWK-Anlagen ist ihr

- höherer Verstromungswirkungsgrad.
- niedrigerer spezifischer Investitionskosten
- niedrigere Brennstoffpreise
- niedrigere spezifische Wartungskosten
- niedrigere Personalkosten
- niedrigere Ansprüche an die interne Verzinsung
- Unabhängigkeit von einer auf Dauer verfügbaren Wärmesenke.

Ergänzende Regeln für eine kostenminimierte Emissionsminderung

- KWK-Anlagen, deren spezifische Emissionen weniger als 300 kg/MWh betragen, erhalten einen zusätzlichen Bonus von 750 kg/MWh. Für Anlagen zwischen 300 und 330 kg/MWh erfolgt eine proportionale Anpassung dieses Bonus.

- KWK-Anlagen, die die o. g. Anreizregulierung erhalten, werden nicht über das KWK-Gesetz gefördert.
- Feuerungen mit festen Brennstoffen und einer Feuerungswärmeleistung von 3 bis 20 MW, die nicht zu 100 Prozent mit Biomasse befeuert werden, werden emissionshandlungspflichtig.
- Für Stromerzeugungsanlagen und KWK-Anlagen, die ihre notwendigen

Zertifikate nicht zu 100 Prozent über eine Auktionierung ersteigern, gilt ein einheitlicher Benchmark jeweils für Strom und für Wärme. Diese Benchmarks orientieren sich am Durchschnitt ihrer fossilen Brennstoffe und betragen für Strom 750 kg/MWh und für Wärme 230 kg/MWh. Sie werden in regelmäßigen Abständen angepasst.

Vorteile des vorgeschlagenen Modells

Die Kombination dieser Regeln führt in mehrfacher Hinsicht zu einer deutlichen Kostenentlastung aller CO₂-Marktteilnehmer und des Strommarktes.

- Gasgefeuerte Anlagen (besonders in KWK betrieben) verkaufen überschüssige Zertifikate in den Markt: Der Zertifikatemarkt wird liquide und entlastet: die Preise sinken. (Kohlegefeuerte Anlagen müssen aufgrund ihrer hohen Emissionen praktisch alle Zertifikate zur Entwertung an die Bafa abführen, gasgefeuerte Anlagen dagegen nur einen kleinen Teil)
- Die vielfach höheren tatsächlichen CO₂-Einsparungen von gasgefeuerten Anlagen (besonders in KWK betrieben) führen erneut zu einer Anhebung des

Erfüllungsfaktors. Daraus resultieren nochmals ein geringeres CO₂-Kaufvolumen und durch die Entlastung des Marktes niedrigere CO₂-Preise.

- Die oben aufgeführten Vorteile kommen allen CO₂-Käufern zugute, auch Industriebetrieben mit hohem Strombedarf und sogar Betreibern alter Kohlekraftwerke.
- Das Geschäftsfeld CO₂-arme Stromerzeugung bietet auch Newcomern gleiche Chancen: Es entsteht Wettbewerb im Strommarkt. Die Strompreise orientieren sich an tatsächlichen Kosten. Das Einpreisen virtueller CO₂-Kosten wird wirksam durch den Markt verhindert. Der Strompreisanstieg wird deutlich gedämpft.
- Industriebetrieben mit hohem Wärmebedarf eröffnet sich die Möglich-

keit, selbst oder durch Dritte (Contracting) KWK-Strom mit sehr niedrigen spezifischen Emissionen zu erzeugen und zu verkaufen. Die Anreizwirkung liegt aufgrund der Langfristigkeit in der gleichen Größenordnung wie für modernisierte Anlagen nach dem KWK-Gesetz.

- Die Verstromung von Gas in effizienten KWK-Anlagen führt im Vergleich zu reinen Kondensationsanlagen zu deutlich geringerem Gasbedarf und damit geringerem Importbedarf, geringem Druck auf die Gaspreise sowie höheren CO₂-Reduktionen.
- Die Versorgungssicherheit von Industriebetrieben aber auch örtlicher und überregionaler Netze kann durch ein intelligentes KWK-Regime deutlich verbessert werden.

Wenn also die ökologischen Vorteile der KWK in großem Stil genutzt werden sollen, ist eine langfristige und dauerhafte Anreizwirkung wie unten beschriebenen notwendig. Eine auf etwa 3 Jahre begrenzte Förderung nach dem KWK-Gesetz wirkt wie ein Zuschuß zu den Investitionskosten und verändert die Wirtschaftlichkeit nicht nachhaltig. Die Fördermittel dafür müssen zudem über ein kompliziertes Umlageverfahren aufgebracht werden. Die direkte Anreizregulierung über den Emissionshandel erfordert dagegen keine zusätzlichen Mittel. Es müssen auch keine zusätzlichen Zertifikate ausgegeben werden. Die als Anreizwirkung ausgegebenen Zertifikate wirken dagegen wie ein Katalysator, der im Emissionshandelssystem verbleibt und den Bau von Stromerzeugungsanlagen mit niedrigsten spezifischen Emissionen befördert.

Die mit dem vorgeschlagenen Modell erreichten finanziellen Vorteile liegen bei einem Zertifikate-Preis von 20 €/t CO₂ pro MWh Strom etwa in der gleichen Größenordnung, wie die Förderung nach dem aktuellen KWK-Gesetz. Die Regelung kann sowohl bei einem voll auf Auktionierung basierenden Handelssystem kombiniert werden, ist aber ebenso im von VIK vorgeschlagenen benchmarkbasierten System mit ex-post-Anpassung einsetzbar.

Verfügbarkeit von Zertifikaten

Die Anzahl der ausgegebenen Zertifikate bleibt gleich:

- a) In einem auf Auktionierung basierendem System werden zwar weniger Zertifikate direkt versteigert. Die weniger ausgegebenen Zertifikate können jedoch direkt von den Betreibern der emissionsarmen Kraftwerke erworben werden.
- b) In einem Benchmark basierendem Handelssystem mit ex-post-Anpassung sinkt zunächst der Erfüllungsfaktor, damit Zertifikate zur Anreizregulierung in der Reserve zur Verfügung stehen. Die weniger ausgegebenen Zertifikate stehen allerdings auch hier dem Handel über die Begünstigten der Anreizregulierung in voller Höhe zur Verfügung.

Wettbewerbschancen und Versorgungssicherheit

Für die Belastung von Kohle-Kraftwerken durch den Emissionshandel ändert sich zunächst wenig. Es ist vielmehr so, daß eine Benachteiligung von Gaskraftwerken gegenüber Kohlekraftwerken vermieden wird. Der Absicht der EU, ab 2013 die

Zertifikate für Strom voll zu auktionieren, liegt u. a. die Intention zu Grunde, diese Benachteiligung zu vermeiden.

Das Brennstoffpreisrisiko für Kohle wird zudem auf absehbare Zeit deutlich niedriger eingeschätzt als für Gas.

Insgesamt kann der nationale Gasbedarf jedoch sogar sinken: die parallel durchgeführten Einsparmaßnahmen außerhalb des Emissionshandels werden im Gebäudereich zu Reduktionen führen. Auch die deutlich höhere Effizienz infolge der oben beschriebenen Anreizmaßnahme wird bei gleicher Stromerzeugung den Bedarf an Gas verringern.

Auch die Wirksamkeit des VIK-Emissionshandelssystems lässt sich hervorragend mit einheitlichen Benchmarks und den oben vorgeschlagenen Regeln erhöhen. ● ● ● ● ●

*Weitere Informationen:

Dr.-Ing. Arnold Tolle
Dr. Tolle Energie & Umwelt Consulting
Tel. (040) 69 21 37 90
info@tolle.de