

Welche Bedeutung hat die Kraft-Wärme-Kopplung ?

von Eckhard Schulz

e-mail Eckhard.Schulz@energie-fakten.de

Hier die Fakten - vereinfachte Kurzfassung

Für die gekoppelte Erzeugung von Strom und Nutzwärme (Kraft-Wärme-Kopplung – KWK) stehen heute ausgereifte Techniken zur Verfügung. Sowohl fossile wie nukleare Energieträger als auch Biomasse können für sie eingesetzt werden.

Bei sachgemäßem Vergleich (Erfüllung der gleichen Versorgungsaufgabe durch beide Alternativen) mit der Erzeugung von Strom und Nutzwärme in getrennten Anlagen, nämlich Kondensations-Kraftwerk und moderne Heizkessel, zeigen sich ein um 15 - 20 % geringerer Energieaufwand und entsprechend geringere Emissionen der KWK. Dabei ist vom gleichen Brennstoff auszugehen. Bei einer Kombination des Übergangs zur KWK mit einem Brennstoffwechsel von Kohle zu Erdgas wirken sich die günstigeren Eigenschaften etwa von Erdgas im Verhältnis zur Kohle weit stärker aus als der Technikwechsel. Der Vorteil der KWK geht durch höhere Wirkungsgrade künftiger Kraftwerke tendenziell zurück.

KWK ist überall dort sinnvoll, wo in geringer Entfernung zur KWK-Anlage ein größerer und vor allem möglichst kontinuierlicher (also nicht bloß jahreszeitlicher) Bedarf an Wärme besteht. Wird zeitweilig keine Wärme aus einer KWK-Anlage ausgekoppelt, der Strom also im Kondensationsbetrieb erzeugt, sind ihr Brennstoffverbrauch und ihre Emissionen meist höher als bei optimierten Kondensations-Kraftwerken. Größere KWK-Anlagen haben i. d. R. niedrigere Erzeugungskosten als kleine. Dafür ist bei ihnen der Wärmetransport zu den Verbrauchern länger und entsprechend teurer.

Die KWK ist in Deutschland mit 6 % an der Wärmeversorgung beteiligt. Jährlich werden rd. 55 Terawattstunden - TWh (1 TWh = 1 Milliarde Kilowattstunden - kWh) in KWK erzeugt. Die deutschen KWK-Anlagen arbeiten seltener im reinen Kondensationsbetrieb (ohne gleichzeitige Wärmenutzung) als diejenigen anderer europäischer Länder. Beim Marktanteil des KWK-Stroms von knapp 10 %

an der gesamten Stromerzeugung erreicht Deutschland jedoch nur einen Mittelplatz. Führend ist Dänemark. Jedoch laufen dort die KWK-Anlagen in nicht unbeträchtlichem Umfang im - ungünstigen - Kondensationsbetrieb. Zudem wurde der Aufbau einer individuellen Wärmeversorgung auf Erdgasbasis lange Zeit politisch unterbunden.

Die Politik strebt einen Ausbau der KWK an. In der Fernwärmeversorgung wird das wegen des rückläufigen Wärmebedarfs der Haushalte aufgrund strengerer Vorschriften über die Wärmedämmung der Gebäude und die Heiztechnik kaum möglich sein. Für sog. Nahwärme-Systeme ergeben sich bei entsprechender Weiterentwicklung (z. B. Brennstoffzelle) wachsende Möglichkeiten. Der schon erhebliche Anteil der KWK in der industriellen Energieversorgung (Strom und Dampf) könnte noch gesteigert werden. Vor allem die Stromkennzahlen (mehr Strom, dafür weniger Wärme aus der KWK-Anlage) nehmen im Vergleich zu Altanlagen deutlich zu.

Welche Bedeutung hat die Kraft-Wärme-Kopplung ?

von Eckhard Schulz

e-mail Eckhard.Schulz@energie-fakten.de

Hier die Fakten - Langfassung

Begriff der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Mit KWK bezeichnet man die gleichzeitige Erzeugung von elektrischer Energie und Nutzwärme in einer Energiewandlungsanlage. Technisch bedeutet dies, dass ein Teil der Wärme (Wasserdampf, Heißluft) bei der Erzeugung elektrischer Energie mit Dampf- oder Gasturbinen sowie Abwärme aus Verbrennungsmotoren oder Brennstoffzellen zur Raumheizung oder als Prozesswärme in Industrie und Gewerbe verwendet werden. Grundsätzlich kann das Prinzip „Kraft-Wärme-Kopplung“ in jedem Kraftwerk verwirklicht werden. Das macht aber nur Sinn, wenn die Möglichkeit besteht, die Wärme abzugeben und zu nutzen. Der Wärmebedarf sollte möglichst groß und gleichmäßig während großer Teile des Jahres sein.

Techniken der KWK

Für die KWK steht eine breite Palette von überwiegend ausgereiften Techniken zur Verfügung. Eingesetzt werden können na-

hezu alle Energieträger, von Biomasse und Wasserstoff in Kleinanlagen wie Blockheizkraftwerken und Brennstoffzellen über Erdöl und Erdgas bis zu Kohle und auch Kernenergie in Anlagen beliebiger Größe.

Vorteile der KWK

Die Vorteile der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung liegen in der effizienteren Ausnutzung der eingesetzten Energie und den damit verbundenen geringeren Emissionen an Schadstoffen wie Schwefeldioxid (SO₂) und Stickoxiden (NO_x) sowie an Kohlendioxid (CO₂).

Fälschlicherweise wird allerdings nicht selten der Energienutzungsgrad der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung in der Größenordnung von 85 Prozent mit dem Nutzungsgrad nur Strom erzeugender Anlagen (sog. Kondensationsstromerzeugung) in der Größenordnung von 40 Prozent verglichen. Für einen korrekten Vergleich muss man indessen den (gewogenen) Mittelwert des Nutzungsgrades der reinen Stromerzeugung und

der reinen Wärmeerzeugung dem Nutzungsgrad der KWK-Anlage gegenüberstellen.

Bei der getrennten Erzeugung wird die Wärme von modernen Heizkesseln geliefert, die Nutzungsgrade von deutlich mehr als 85 Prozent, bei Brennkesseln auf Erdgasbasis sogar von 100 Prozent, erreichen. Die Kondensationsstromerzeugung in Gas- und Dampfkraftwerken auf Erdgasbasis, deren Marktanteil wachsen dürfte, nähert sich einem Energienutzungsgrad von 60 Prozent. Dadurch nehmen die Vorzüge der KWK tendenziell ab.

Die Vorteile der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung beruhen zudem häufig nur zum kleineren Teil auf den technischen Effizienzvorteilen der KWK. Zum größeren Teil rühren sie aus einem Brennstoffwechsel, etwa von Steinkohle zum Erdgas, und damit den ökologischen Vorteilen des Erdgases her.

Die sich bei einem sachgerechten Vergleich zwischen gekoppelter und getrennter Strom- und Wärmeerzeugung in modernen Anlagen ergebenden

LANGFASSUNG

energetischen Vorteile von 15 bis 20 Prozent und die je nach Brennstoff darüber oder darunter liegenden ökologischen Vorteile für die KWK sind dennoch bedeutend. Wo immer sinnvoll machbar, sollten diese Vorteile genutzt werden.

Bewertung von Strom und Wärme (Einzelanlage versus Versorgungsaufgabe)

Da der Wärmebedarf auf jeden Fall verbrauchsnahe zu decken ist, bestimmt die Möglichkeit zur Wärmeabgabe – wie dargelegt – die Sinnhaftigkeit und damit den Einsatz der KWK. Zur wirtschaftlichen Optimierung der KWK-Anlage wird daher meist neben dem KWK-Strom eine mehr oder weniger erhebliche Menge reinen Kondensationsstroms in den Zeiten erzeugt, wenn weniger oder gar keine Wärme benötigt wird. Da eine KWK-Anlage aber einen technischen Kompromiss zur gleichzeitigen Erfüllung beider Versorgungsaufgaben darstellt, ist der Betrieb der KWK-Anlage nur zur Stromerzeugung energetisch und ökologisch ungünstiger als die Erzeugung der gleichen Strommenge in Kondensationskraftwerken.

Mit der FW 308 ist eine heute allgemein anerkannte Rechenregel für die Bewertung und damit die Abgrenzung zwischen KWK-Strom und Kondensationsstrom aus KWK-Anlagen geschaffen worden.

Sinnvolle Anwendungen der KWK

Sinnvolle Anwendungen der KWK sind überall dort gegeben, wo auf einer längerfristig stabilen,

gleichmäßigen und im Wärmemarkt konkurrenzfähigen Wärmeerzeugung eine gekoppelte Stromerzeugung aufgebaut werden kann, die wirtschaftlich zur Deckung des vorhandenen (ebenfalls, aber jahreszeitlich weniger, schwankenden) Strombedarfs beitragen kann. Die Möglichkeiten des Einsatzes der KWK unterscheiden sich je nach dem Bedarf an Wärme und dabei insbesondere nach deren Temperatur und zeitlicher Struktur.

Traditionell haben sich zwei Anwendungsbereiche der KWK entwickelt: Die Heizkraftwirtschaft in der Industrie und die Heizkraftwirtschaft in der allgemeinen Stromversorgung ("kommunale" Heizkraftwirtschaft). Bei Letzterer wird Niedertemperaturwärme vor allem zur Heizung und Warmwasserversorgung von Gebäuden bereitgestellt. Daneben gewinnen Blockheizkraftwerke mit Leistungen von wenigen Kilowatt (kW) bis zu einigen Megawatt (MW) an Bedeutung, ausgehend von allerdings bescheidenen Anteilen am KWK-Markt.

Kosten der KWK im Vergleich zur getrennten Erzeugung

Große KWK-Anlagen der Klasse von mehreren 100 Megawatt (MW) auf Steinkohle- und Erdgasbasis sind bei Realisierung ihrer energetischen Effizienzvorteile – trotz der etwas höheren Investitionen für die Wärmeauskopplung aufgrund der geringeren anzurechnenden Brennstoffkosten – in der Lage, den Strom zu niedrigeren Kosten zu erzeugen als Kondensationskraftwerke.

Dem stehen jedoch die Kosten

für den Wärmetransport gegenüber, die bei der Fernwärmeversorgung erheblich zu Buche schlagen. Dies gilt insbesondere für den Aufbau neuer Fernwärme-Versorgungsbereiche. Bei großen Gebieten können diese aufgrund einer langwierigen Anschlussentwicklung mit hohen Anlaufverlusten verbunden sein. Sie können dadurch den wirtschaftlichen Vorteil der niedrigeren Wärmeerzeugungskosten deutlich schmälern oder sogar überkompensieren.

Dezentrale Wärmeversorgung

Die kritische Frage der Wärmetransportkosten entsteht bei dezentralen KWK-Anlagen für eine begrenzte Abnehmerzahl nur sehr eingeschränkt. Ihnen werden daher in Gebieten, in denen der Einsatz großer Fernwärmesysteme nicht sinnvoll ist, große Chancen eingeräumt. Aufgrund der spezifisch hohen Investitionen dezentraler KWK-Anlagen ist die Möglichkeit für einen wirtschaftlichen Betrieb allerdings nur unter bestimmten Voraussetzungen gegeben

Zum einen muss der Wärmebedarf hinreichend groß sein, um eine Anlage mit möglichst niedrigen spezifischen Investitionen einsetzen zu können. Zum anderen muss dieser zeitlich so anfallen, dass eine gute Auslastung der Anlage ermöglicht wird. Eine Faustregel besagt, dass eine jährliche Ausnutzungsdauer der installierten Wärmeleistung von rund 5000 Vollaststunden gewährleistet sein muss. Das ist bei Wärmeprozessen in Industrie und Gewerbe leichter

LANGFASSUNG

zu verwirklichen als bei einer reinen Versorgung von Wohngebäuden mit etwa 1.600 Stunden pro Jahr. Bei vergleichenden Investitionsrechnungen spielen die Regelungen für die Berechnung der Entgelte für in das allgemeine Netz eingespeisten Stroms und für die steuerliche Behandlung des in der KWK-Anlage erzeugten Stroms eine Rolle.

Ausbau der KWK in der Raumwärmeversorgung

Grundsätzlich besteht die technische Möglichkeit, den gesamten Bedarf an Niedertemperaturwärme (bis etwa 100 °C) durch KWK-Anlagen zu decken. Wie weit dieses theoretische Potenzial ausgeschöpft werden kann, hängt davon ab, in welchem Maße durch den Einsatz der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung statt einer getrennten Strom- und Wärmeerzeugung ökonomische, energetische und ökologische Vorteile realisiert werden können.

Dem weiteren Ausbau der traditionellen Fernwärmeversorgung sind aus drei Gründen in Zukunft enge Grenzen gesetzt:

- Die Bevölkerung nimmt mittelfristig ab.
- Aufgrund der fortschreitenden Verbesserung des wärmetechnischen Standards von Gebäuden und Produktionsprozessen weist der spezifische Wärmebedarf eine rückläufige Tendenz auf mit der Folge schlechterer Auslastung der Anlagen.
- Beim Aufbau neuer Fernwärmeversorgungsnetze ist eine Wirtschaftlichkeit nur selten zu erwarten.

Im Wesentlichen geht es um eine Arrondierung bestehender Fernwärme-Versorgungsgebiete. Jedoch ist mit einer deutlichen Zunahme der Stromerzeugung aus KWK zu rechnen, da die technische Entwicklung der KWK-Anlagen in Richtung einer steigenden Stromausbeute in Bezug auf die installierte Wärmeleistung verläuft (höhere „Stromkennzahl“ – „mehr Strom, weniger Wärme“).

Ausbau der KWK in der Industrie

Günstigere Voraussetzungen sind für den Ausbau der KWK in der Industrie gegeben. Der auch in diesem Bereich rückläufige Wärmebedarf wird von zwei Faktoren überkompensiert: Von den hohen technischen Einsatz-Potenzialen der KWK im Verhältnis zum Wärmebedarf der Industrie, deren Erschließung bei steigenden Brennstoffpreisen zunehmend interessant wird, und von der hohen Ausnutzungsdauer aufgrund des ganzjährigen Prozesswärmebedarfs. Hinzu kommen auch hier die höheren Stromkennzahlen.

Ausbau dezentraler KWK-Systeme

Besondere Entwicklungsmöglichkeiten werden der dezentralen KWK in Kleinanlagen wie Blockheizkraftwerken (BHKW) und Brennstoffzellen eingeräumt, sowohl in der Industrie als auch im sog. Kleinverbrauchsgebiet (Haushalte, Gewerbe, Öffentliche Einrichtungen). Vorteilhaft wirken sich hier die entfallenden oder sehr begrenzten Kosten für den Wärmetransport sowie ggfs. zu

realisierende vermiedene Netzentgelte beim Strombezug aus.

Nachteilig sind die meist deutlich höheren spezifischen Investitionen sowie die Brennstoff-, Betriebs- und Instandhaltungskosten und der geringere Wirkungsgrad bei der Stromerzeugung in relativ kleinen Anlagen.

Die KWK in Deutschland

Die KWK-Wärmeversorgung (Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme) nimmt in Deutschland hinter den Marktführern Erdgas (47 %) und Heizöl (25 %) sowie Strom (11,5 %) mit einem Anteil von rund sechs Prozent nur den vierten Platz ein. Bei der Deckung des Raumwärmebedarfs allein ist sie die klare Nummer 3.

Für die KWK-Stromerzeugung wurden in der Vergangenheit unrichtige, nämlich überhöhte Werte angegeben: rd. 80 Terawattstunden-TWh (eine TWh = eine Milliarde Kilowattstunden - kWh). Denn es wurde nicht ausschließlich die tatsächlich in KWK erzeugte Strommenge, sondern der gesamte in KWK-Anlagen als Mischung aus KWK- und Kondensationsstrom produzierte Strom ausgewiesen. Dies betraf insbesondere den Strom aus industriellen KWK-Anlagen. Heute ist die Fernwärme-Rechenregel FW 308 für die Ermittlung des KWK-Stroms verbindlich. Auf dieser Grundlage ergibt sich eine Jahreserzeugung von rd. 55 TWh. Das entspricht knapp 10 Prozent der gesamten Stromerzeugung im Jahr 2004 in Deutschland (rd. 554 TWh).

Die KWK im europäischen Vergleich

Die deutschen KWK-Anlagen werden häufiger in der gekoppelten Betriebsweise und seltener im Kondensationsbetrieb eingesetzt als in anderen (europäischen) Ländern. Beim Marktanteil des KWK-Stroms nimmt Deutschland mit 10 % einen Mittelplatz ein, hinter Dänemark (40 %), den Niederlanden (39 %) und Finnland (34 %), aber vor Italien (9 %), Schweden (8 %), Großbritannien (5 %) und Frankreich (5 %).

Legt man die Abgrenzung nach der Rechenregel FW 308 zugrunde, verbessert sich die deutsche Position deutlich, da KWK-Spitzenreiter wie Dänemark einen höheren Anteil Kondensationsstromerzeugung in ihren KWK-Anlagen aufweisen. In dem oft als Vorbild für den KWK-Ausbau genannten Dänemark wurde zudem der Aufbau einer individuellen Raumwärmeversorgung auf Erdgasbasis lange Zeit politisch unterbunden, und die Heizölpreise wurden mit drastischen Steuern auf hohem Niveau gehalten.

Perspektiven der KWK

Der Ausbau der KWK wird in einer Anzahl von Veröffentlichungen neben der verstärkten Nutzung der regenerativen Energien als wichtigstes Instrument zur CO₂-Minderung dargestellt. Dabei wird der dezentralen KWK eine überragende Rolle beigemessen.

Bei nüchterner Betrachtungsweise ist gegenüber derartigen „großen Entwürfen“ Skepsis angebracht.

Angesichts des rückläufigen Wärmebedarfs aufgrund der stetigen Verbesserung der energetischen Qualität von Gebäuden, des Bevölkerungsrückgangs, des nicht zu erwartenden Rückbaus bestehender Wärmeversorgungssysteme auf Erdgasbasis und der erheblichen Kosten der Verlegung neuer Fernwärmenetze bleibt für einen Ausbau der „großen“ kommunalen KWK wenig Spielraum. In diesem Bereich ist allenfalls mit Arrondierungen innerhalb bestehender Netze zu rechnen. Das dürfte jedoch nicht ausreichen, die rückläufige Wärmenachfrage auszugleichen.

Dagegen dürfte die Stromerzeugung in KWK-Anlagen in diesem Bereich durchaus steigen, weil die Modernisierung alter KWK-Anlagen, zumal dann, wenn sie mit Brennstoffwechsel von Kohle zu Erdgas verbunden ist, zu einer erheblichen Zunahme der Stromkennzahl und damit zu einer deutlich höheren Stromausbeute je Wärmeeinheit führt.

Deutlich bessere Perspektiven lassen sich für die KWK in der Industrie erkennen, wenngleich auch hier die Möglichkeiten nicht überschätzt werden dürfen. Sie dürften in starkem Maße von der Zunahme der Strom- und Brennstoffpreise abhängen.

Das stärkste Wachstum ist – nicht zuletzt wegen des noch sehr niedrigen Ausgangsniveaus – im Bereich der dezentralen Anlagen zu erwarten. Dazu müssten allerdings die teilweise noch erheblichen Wirtschaftlichkeitslücken geschlossen und weitere technische Durchbrüche (Brennstoffzellen) erzielt werden.

Aufgrund der absehbaren Entwicklung dürften dezentrale KWK-Anlagen aber bis 2020 noch nicht die ihnen in vielen Studien zugeordnete Rolle spielen. Zusätzliche Hürden haben die neuerdings stark gestiegenen Ölpreise (und in ihrer Folge demnächst wohl auch Gaspreise) errichtet, da die kleineren Anlagen, bes. auch BHKW hiermit betrieben werden. Diese Einschätzung gilt ebenfalls für die Brennstoffzelle, zumal die wirtschaftliche Erzeugung ihres optimalen Brennstoffs Wasserstoff in weiter Ferne liegt. Längerfristig dürften die KWK-Kleinanlagen einem zunehmenden Wettbewerb durch getrennte Wärmeversorgungssysteme auf Basis Strom (nicht zuletzt aus regenerativen Energien), wie beispielsweise Wärmepumpensysteme, unterliegen. ■