

Die Dosis macht das Gift



MINI-KWK CONTRA GAS- UND DAMPKRAFTWERK Die Bundesregierung hat zum 1. Januar 2015 die Förderung für KWK-Anlagen im kleinen Leistungsbereich angehoben. Viele Fachleute sehen allerdings im Einsatz von Mini-BHKWs wenig Sinn zur Minderung von CO₂-Emissionen. Die Autoren gehen der Frage nach, ob die weitere Förderung von Mini-KWK sinnvoll ist. Ann-Christin Janßen, Adrian Schünemann, Prof. Dr.-Ing. Kati Jagnow, Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff

□ Mit den beiden Programmen ➔ **Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz** (NAPE) und ➔ **Aktionsprogramm Klimaschutz** zielt die Bundesregierung generell auf eine Reduzierung der CO₂-Emissionen um 40 % (Bezug 1990). Gleichzeitig soll der Anteil des Stroms aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) auf 25 % steigen. Dieses Ziel wird von den Autoren, wie derzeit auch von vielen anderen [1], in Frage gestellt.

Das Umweltministerium hat eine Förderung für KWK-Anlagen bis 20 kW_{el} [2] aufgelegt, die sich auch an Eigentümer von Einfamilienhäusern richtet, die Strom und Wärme mit einem Mini-BHKW erzeugen. Ist dies vom Umweltaspekt bzw. aus volkswirtschaftlicher Sicht wirklich sinnvoll? Kommt es zu einer absehbaren Fehlentwicklung, wenn diese Form des KWK-Ausbaus weiter gefördert wird?

Kohle verdrängt energieeffizientere Kraftwerke

2013 wurde in Deutschland der größte Teil des Stroms aus Braunkohle erzeugt (siehe **Abb. 1**). Dies ist verbunden mit einem hohen CO₂-Ausstoß, obwohl entsprechend der verfügbaren Kraftwerksleistung Erdgas einen deutlich höheren Anteil zur Stromproduktion beitragen könnte – mit entsprechend geringeren CO₂-Emissionen.

Der Grund für die vorrangige Nutzung von Braunkohle liegt im Merit-Order-Effekt der deutschen Strom-„Vermarktung“ an der Leipziger Strombörse EEX begründet. Die Einsatzreihenfolge der Kraftwerke wird durch deren Grenzkosten (variable Kosten) bestimmt. In Zeiten hoher Einspeiseleistungen der regenerativen Energieerzeuger werden durch den Merit-Order-Effekt Kraftwerke mit vergleichsweise hohen

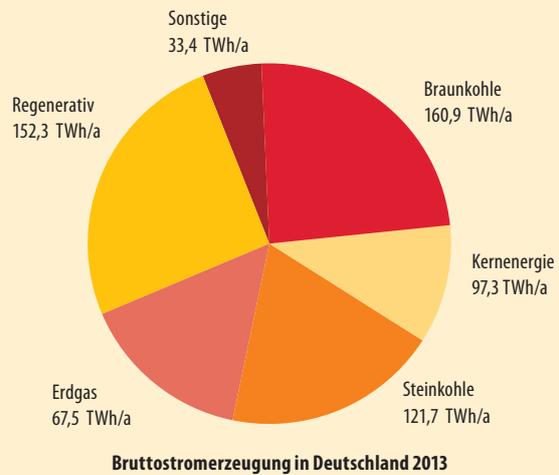
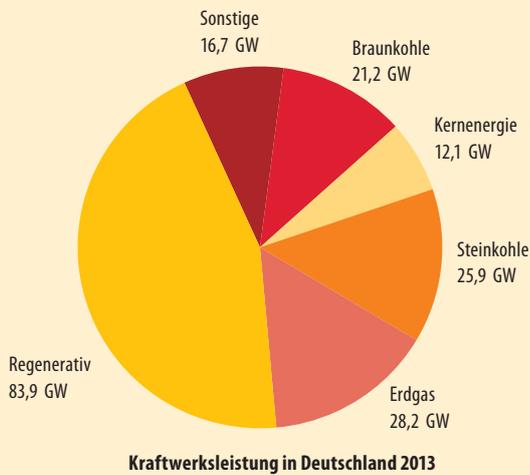
variablen Kosten verdrängt. Entsprechend werden Kraftwerke mit niedrigeren variablen Kosten preisbestimmend [5]. Kohlekraftwerke mit geringen Grenzkosten verdrängen so hocheffiziente Gas- und Dampfkraftwerke (GuD-Kraftwerke). Die Folge sind sinkende Großhandelsstrompreise, von denen der Endverbraucher leider nicht profitiert, weil verschiedene Steuern und Umlagen berücksichtigt werden müssen (**Abb. 2**). Eine triviale Lösung, die dem Marktverhalten an dieser Stelle entgegenwirken könnte, ist nicht bekannt. Denkbar wäre eine CO₂-abhängige Brennstoffsteuer, welche den nur bedingt funktionierenden CO₂-Zertifikatehandel ersetzt oder ergänzt.

CO₂-Emissionen von KWK-Anlagen

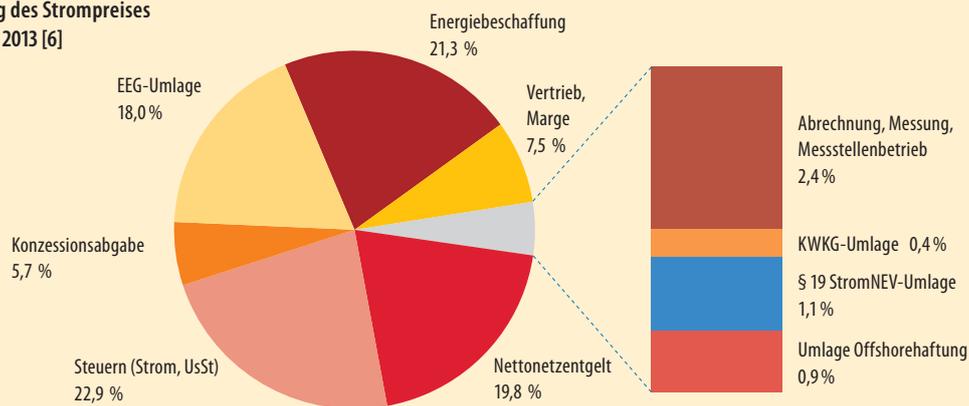
Bei der Bewertung der CO₂-Emissionen können für jeden Energieträger (Brennstoffe) und für Endenergien wie Strom und Fernwärme anerkannte Emissionsfaktoren herangezogen werden. Der Emissionsfaktor wird in g/kWh angegeben. Er trifft eine Aussage über die Menge an CO₂-Emissionen, die von einem Endenergieträger freigesetzt werden. Allgemein gilt: Je höher dieser Faktor, desto negativer ist die Klimawirkung. Seine Aussagekraft für Endenergien wie Strom und Fernwärme, vor allem aus Kraft-Wärme-Kopplung, wird durch die jeweilige Bilanzierungsmethode begrenzt.

Für den deutschen Strommix liegt der Emissionsfaktor momentan bei 617 g/(kWh_{el}) [7]. Wird seine Entwicklung betrachtet, ist eine fallende Tendenz zu erkennen. Seit 1990 ist der Emissionsfaktor um ca. 25 % gesunken [8]. Um ihn weiter zu verringern, können verschiedenste Maßnahmen ergriffen werden. Die erwartete Einsparung sollte aber genau geprüft

1 Obwohl das Erzeugungspotential der Gaskraftwerke in Deutschland größer war als das der Braunkohlekraftwerke, wurde 2013 der größte Teil des Stroms aus Braunkohle erzeugt [3] [4].



2 Zusammensetzung des Strompreises für Haushaltskunden 2013 [6]



werden, um Schritte zu vermeiden, die nur auf den „ersten Blick“ eine Emissionsminderung ergeben. Eine sinnvolle Möglichkeit wäre die kurzfristige Veränderung der nicht erneuerbaren Anteile am Strommix – Kohlestrom kann durch Strom aus vorhandenen Gaskraftwerken ersetzt werden. Gleichzeitig sollte der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung weiterhin gesteigert werden. Auch der überlegte und dosierte Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung bietet eine Mög-

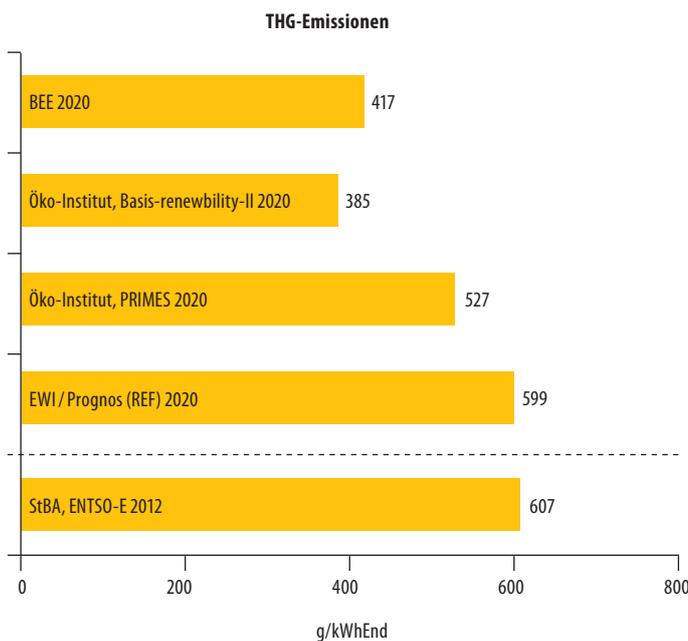
lichkeit, Emissionen zu senken – maßvoll und mit genauer Beurteilung der Randbedingungen. Hier bieten sich im Allgemeinen Liegenschaften mit einem ganzjährigen relevanten Grundlastsockel des Wärmeenergieverbrauchs an, beispielsweise Schwimmbäder, Pflegeheime, Krankenhäuser oder sehr große Wohngebäude ab ca. 40 bis 60 Wohneinheiten.

Kann ein angemessener Grundlastsockel durch eine Fern- oder Nahwärmeversorgung erschlossen werden, so sind immer noch die zusätzlichen Netzverluste [9] zu bewerten. Ein Vergleich zwischen zentraler und dezentraler Versorgung sollte in allen Fällen erfolgen. So kann eine KWK-Anlage bei einer erwarteten Lebensdauer von zehn Jahren durchaus zu einer CO₂-Reduzierung führen.

Wird jedoch für den Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung ein neues Fern- oder Nahwärmenetz erstellt, ist von einer längeren Lebens- bzw. Betriebsdauer der betrachteten Anlage auszugehen. Weil KWK eine Brückentechnologie ist, muss einer Analyse ein entsprechender Zeithorizont zugrunde liegen. Argumente die besagen, dass Fernwärmenetze in der Zukunft mit Biomasse bzw. Solarthermie beheizt würden, stoßen dabei auf begründete Zweifel: Die Beheizung mit Biomasse wird be-

Mini-KWK

Der Begriff Mini-Kraft-Wärme-Kopplung (Mini-KWK) wird hier ohne generell geltende Abgrenzung verwendet. Je nachdem, welche Quelle zurate gezogen wird, variieren die Leistungsgrenzen für Nano-, Mikro- und Mini-BHKWs. Für die Betrachtung in diesem Beitrag wird die **Mini-KWK-Richtlinie** [2] als Grundlage genutzt. Sie betrachtet KWK bis 20 kW_e als Mini-KWK. Diese Anlagen können mit einem Investitionszuschuss gefördert werden, wenn sie in bestehenden Gebäuden neu errichtet werden. Die Lebensdauer einer Mini-KWK-Anlage wird mit 7 bis 15 Jahren [15] abgeschätzt.



3 Studienergebnisse zum möglichen Treibhausgas-Emissionsfaktor im Jahr 2020 [13]

grenzt durch ein Biomassebudget von ca. 35 kWh/(m² a) [10] und zentrale Solarthermie kann nur schwerlich im Vergleich mit dezentraler Solarthermie bestehen [11] [12].

Neben einer spezifischen Betrachtung der Netzverluste sollte der Fokus auch auf die absoluten Emissionen gelegt werden. Diese können vermindert werden, indem generell ein Umdenken im Umgang mit Energien stattfindet. Erhebliche Einsparungen können in vielen Fällen durch verbesserte Dämmung im Gebäudebestand und durch effizientere Technik erreicht werden. Zudem gibt es die dritte Säule der Energieeinsparung: den Nichtverbrauch durch angepasste Energienutzung.

In verschiedenen Studien wird prognostiziert, dass mit dem Anstieg der regenerativen Energieträger ein weiteres Absinken des Emissionsfaktors für den deutschen Strommix verbunden ist – nach der Tendenz seit 1990 jährlich ca. 8 g CO₂/kWh_{el}. Ein Teil der Studien prognostiziert optimistisch eine Annäherung an einen CO₂-Emissionswert von 400 g CO₂/kWh bereits bis 2020 (Abb. 3) [13].

Für eine Bewertung des KWK-Ausbaus dürfen nicht nur endenergetische, primärenergetische oder wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt werden. Im Sinne des Klimaschutzes ist insbesondere eine CO₂-Betrachtung erforderlich. Nur so kann ein „ehrlicher“ Vergleich zwischen einer konventionellen und einer KWK-Variante angestellt werden.

Eine konventionelle Variante nutzt beispielsweise zur Wärmeerzeugung im Gebäude einen Gasbrennwertkessel, während der Strom aus dem Verbundnetz bezogen wird. In einer KWK-Variante wird der Grundwärmebedarf (Trinkwarmwasserbereitung und 10 % der Gebäudeheizlast) durch ein BHKW und der übrige Wärmebedarf über einen Spitzenlastkessel (Gasbrennwert) gedeckt. Die Stromversorgung erfolgt im besten Fall durch Stromselbstnutzung oder durch Verkauf des BHKW-Stroms an Mieter, während der Strombezug aus dem Verbund-

netz lediglich ergänzend erfolgt. Zu berücksichtigen ist, dass besonders bei einem Mini-BHKW die Stromkennzahl (und damit auch das Verhältnis von elektrischer Energie zur Nutzwärme) nur in einem Bereich um typisch 0,3 bis 0,5 liegt. Eine Ausnahme bilden Brennstoffzellen, die im deutschen Markt noch am Anfang stehen.

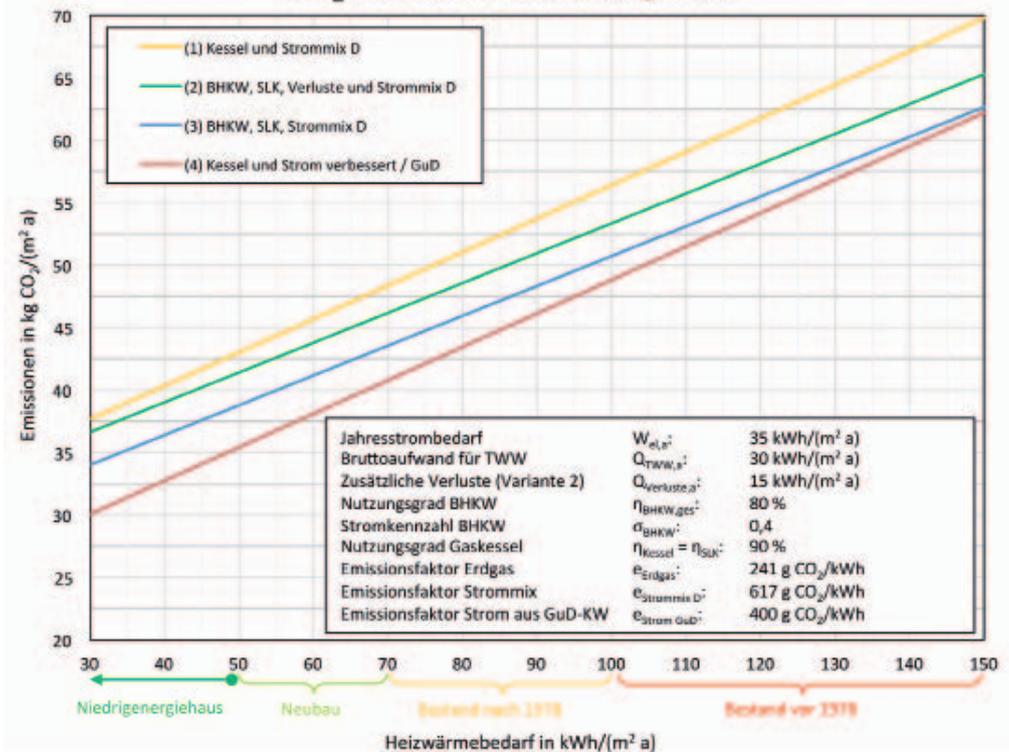
Abb. 4 zeigt, dass in einem Bereich des reinen Raumheizwärmebedarfs von bis zu 150 kWh/(m² a) der Einsatz eines BHKW in Bezug auf die entstehenden CO₂-Emissionen gegenüber einer Wärmebereitstellung durch einen Gasbrennwertkessel unvorteilhaft ist. Dies gilt unter der Prämisse eines alternativen Einsatzes von Gas- und Dampfkraftwerken für die Stromproduktion (Emissionsfaktor zu 0,4 kg/kWh_{el} angenommen) oder eines mittelfristig zu erwartenden bzw. zu „erhoffenden“ gleich hohen Emissionskennwertes für den Strommix Deutschland. Entsprechend Abb. 3 könnte sich der Emissionsfaktor in Richtung 0,4 kg/kWh_{el} und langfristig natürlich noch niedriger entwickeln. Werden zusätzlich beim BHKW-Betrieb entstehende Verluste berücksichtigt (Pufferspeicher, aufwändige Hydraulik und Verteilnetze) verschlechtert sich die CO₂-Bilanz der KWK. Für den Vergleich der CO₂-Emissionen mit anderen Heizungsanlagen siehe auch GEB 03-2015 „CO₂-Bewertung statt Primärenergiebezug!“, **WEBCODE 637336** [14].

Problematisch am KWK-Einsatz sind zusätzlich die Aggregatgrößen bzw. deren thermische Leistung. Soll z.B. ein Zweifamilienhaus mit einer wirtschaftlichen KWK-Lösung ausgestattet werden, so würde bei der Auslegung des BHKW der Trinkwarmwasserbedarf zugrunde gelegt werden. Unter der günstigen Annahme von insgesamt acht Personen im Haus würde bei einem Trinkwarmwasserbedarf von 100 W/Person (Dauerleistung) ein BHKW mit maximal 800 W benötigt werden. Es gibt zwar Anlagen ab 1 kW_{th}, die meisten Mini-KWK-Anlagen weisen jedoch thermische Leistungen ab ca. 2 kW_{th} auf. Ein wirtschaftlicher Betrieb ist somit nicht gewährleistet. Weiter wird die Wirtschaftlichkeit durch den nur geringen zu erwartenden Stromeigenverbrauch verschlechtert – lediglich Standby-Verluste, der Strombedarf des Kühlschranks sowie etwaige Umwälzpumpen haben einen ganztägigen Strombedarf, benötigen jedoch wesentlich weniger Strom als die Mini-KWK-Anlage liefert.

Bliebe hingegen der Emissionsfaktor für Strom zukünftig konstant, was ja gerade nicht das Ziel ist, könnte die Nutzung der KWK aus Sicht der CO₂-Emissionen für einen begrenzten Zeitraum von ca. 10 bis 15 Jahren sinnvoll sein – aber wie sieht es danach mit der Wirtschaftlichkeit aus? Sinkt hingegen wie angestrebt der Strom-Emissionsfaktor mit zunehmend steigendem Anteil regenerativen Stroms, ist die Möglichkeit einer Fehlentwicklung absehbar – Mehremissionen wären die Folge. Erst bei großen Wohnliegenschaften und vor allem bei sehr effizienten Liegenschaften im Niedrigenergiehausbereich (ausgeprägter Trinkwarmwasser-Sockel) kann zukünftig auch bei niedrigen Heizwärmebedarfen ein BHKW emissionsmindernd eingesetzt werden, denn größere Aggregate weisen in der Regel auch eine höhere Stromkennzahl auf [15], sind aber von der neuen KWK-Förderung ausgeschlossen (maximal 20 kW_{el}).

Neben der reinen Betrachtung der CO₂-Emissionen sollte die neue KWK-Förderung des BMUB auch aus volkswirtschaftlicher Sicht beleuchtet werden.

CO₂-Emissionen im Vergleich



4 Vergleich der CO₂-Emissionen für verschiedene Versorgungsvarianten

- (1) Der Wärmebedarf wird durch einen dezentralen Gaskessel und der Strombedarf durch den dt. Strommix gedeckt.
- (2) Der Wärmebedarf wird durch ein BHKW und einen Spitzenlastkessel gedeckt, zusätzliche Verluste eines Pufferspeichers werden berücksichtigt. Fehlender Strom wird aus dem deutschen Stromnetz bezogen und überschüssiger eingespeist.
- (3) Der Wärmebedarf wird durch ein BHKW und einen Spitzenlastkessel gedeckt, zusätzliche Verluste werden nicht berücksichtigt. Fehlender Strom wird aus dem deutschen Stromnetz bezogen, überschüssiger eingespeist.
- (4) Der Wärmebedarf wird durch einen dezentralen Gaskessel und der Strombedarf durch GuD-Strom gedeckt.

GuD-Kraftwerke versus Mini-KWK

Im Jahr 2013 betrug die Bruttostromerzeugung in Deutschland 633,1 TWh, davon wurden 160,9 TWh in Braunkohlekraftwerken erzeugt, während in CO₂-effizienteren Gaskraftwerken nur 67,5 TWh Strom erzeugt wurden [3]. Grund dafür ist nicht die installierte Leistung – das Erzeugungspotential der Gaskraftwerke ist mit einer Leistung von ca. 28 GW größer als das der Braunkohlekraftwerke mit ca. 21 GW und das der Steinkohlekraftwerke mit ca. 26 GW (siehe **Abb. 1**) [4].

Damit wären die Voraussetzungen gegeben, mindestens 100 TWh (Braun- aber auch Stein-)Kohlestrom durch Strom aus Gaskraftwerken zu ersetzen. Wird ein Emissionsfaktor für Kohlestrom von $e_{BK} = 0,9$ kg CO₂/kWh_{el} sowie für Strom aus GuD-Kraftwerken von $e_{GuD} = 0,4$ kg CO₂/kWh_{el} unterstellt, ergibt sich eine CO₂-Minderung von mindestens $\Delta e = 0,5$ kg CO₂/kWh_{el} bei der Substitution von Kohlestrom durch Strom aus GuD-Kraftwerken. Insgesamt ließen sich so mindestens 50 Mio. t CO₂-Emissionen pro Jahr mit vorhandener Kraftwerkstechnik einfach vermeiden. Damit könnte also eine viel höhere Emissionsminderung erreicht werden, als aktuell von der Bundesregierung mit 22 Mio. t CO₂ geplant.

Dass dieses Potenzial augenblicklich noch ungenutzt bleibt, liegt in den oben beschriebenen Mechanismen der Leipziger Strombörse EEX, speziell dem Merit-Order-Effekt, begründet. Nach den erneuerbaren Energien werden zuerst Kraftwerke mit geringen Grenzkosten betrieben. Diese Feststellung be-

trifft auch die Diskussion zum Ausbau der Stromnetze, z.B. mit der geplanten Süd-Link-Trasse zwischen den Bundesländern Hamburg und Schleswig-Holstein und den Ländern Bayern und Baden-Württemberg – der Verdacht besteht, dass der Ausbau zunächst nicht dem Transport von Wind- sondern von Kohlestrom aus dem Norden in den Süden dient. So wurde erst kürzlich der erste Block im neu errichteten Kohlekraftwerk Hamburg-Moorburg in Betrieb genommen. Die elektrische Bruttoleistung dieses Kraftwerkes soll im Endausbau knapp 1,7 GW betragen – ausreichend, um ca. 2 % des deutschen Strombedarfs zu decken.

Durch Brennstoffkosten von geschätzt ca. 2 bis 3 ct/kWh_{el} für Kohlestrom und ca. 4 bis 6 ct/kWh_{el} für Strom aus Gaskraftwerken [16] werden Gaskraftwerke wesentlich seltener zur Stromproduktion genutzt als Kohlekraftwerke und zum Teil bereits außer Betrieb genommen. Ein Unterschied der Brennstoffkosten von 1 bis 3 ct/kWh_{el} verhindert somit eine Emissionsminderung von mindestens 50 Mio. t CO₂ je Jahr für Deutschland. Die Substitution würde zu Kosten von konservativ geschätzt ca. 40 Euro je vermiedener Tonne CO₂ führen.

Dies entspricht zunächst „fiktiven“ jährlichen Mehrkosten von rund 2 Mrd. Euro für den deutschen Stromverbraucher. Zum Vergleich: Die Strompreiserhöhungen an die privaten Verbraucher durch das EEG betragen mehr als 20 Mrd. Euro jährlich. Seit mehreren Jahren kollidiert das EEG mit dem CO₂-Zertifikatesystem, mit dem es nach Ansicht vieler Fach-

leute nicht vereinbar ist. Würde die Bundesregierung diese Unvereinbarkeit offen reflektieren und mit den Beteiligten diskutieren, könnte sicherlich eine sinnvolle Lösung für die Klimaschutzlücke bis 2020 bzw. 2050 gefunden werden.

Anstelle des verstärkten und sinnvollen Einsatzes effizienter GuD-Kraftwerke soll nun mit dem neuen Förderprogramm des BMUB der Ausbau der KWK auch im kleinen Leistungsbereich treten. Im Bereich der Mini-KWK liegen typische Stromgestehungskosten bei 12 bis 18 ct/kWh_{el} (Aggregate kleiner 20 kW_{el}, Kosten für Energie, Wartung und Instandhaltung sowie Investition) oder sogar höher [17]. Sollten BHKWs im Einfamilienhaus Einzug halten, liegen diese Stromgestehungskosten bei einem Vielfachen der GuD-Grenzkosten. Problemverstärkend wirken sich nicht nur die hohen Kosten je kWh_{el} aus, sondern auch die im Vergleich zum Einsatz eines GuD-Kraftwerkes höheren CO₂-Emissionen in Bereichen kleiner Heizwärmebedarfe. Damit entstehen je eingesparter Tonne CO₂ deutlich höhere Kosten beim Einsatz der KWK im kleinen Leistungsbereich.

Während für die gesamte Raumwärmebereitstellung in Deutschland ca. 230 Mio. t CO₂ emittiert werden, können durch den Austausch von Braunkohlestrom gegen Strom aus Gaskraftwerken mindestens 50 Mio. t CO₂ pro Jahr kurzfristig eingespart werden. Die Kosten der eingesparten kWh und der CO₂-Verminderung durch Gebäudedämmung, effizientere dezentrale Wärmeerzeuger und durch gering investive Maßnahmen liegen natürlich höher als die einfache Maßnahme Ersatz von Kohle durch Erdgas bei der Stromerzeugung. Aber auch diese Maßnahmen werden mittelfristig ergriffen werden müssen, um die Klimaschutzziele zu erreichen.

Fazit

Insgesamt ist festzustellen, dass der Einsatz einer Mini-KWK in typischen deutschen Wohngebäuden und auch in hochwärmedämmten Gebäuden nur in den Ausnahmefällen großer Quartiere evtl. sinnvoll ist – und dies sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus Sicht des Klimaschutzes. Erst in größeren Liegenschaften kann der Einsatz von KWK auch bei gut gedämmten Gebäuden im Vergleich zu konventionellen Systemen emissionsmindernd wirken. Der Einsatz von KWK kann deshalb lediglich bei Liegenschaften mit einer hohen Grundlast gerechtfertigt werden.

Es bedarf einer gründlichen Prüfung, um festzustellen, ob sich eine KWK-Anlage lohnt. Die neu aufgelegte Förderung kleiner KWK-Anlagen ist grundsätzlich in Frage zu stellen.

Entgegen der ehemaligen Photovoltaikförderung, welche die Marktdurchdringung erhöhen, technische Probleme lösen und die Leistungskosten senken sollte, kann dies bei einer Mini-KWK Förderung nicht erwartet werden. Die Technik ist bereits ausgefeilt und die physikalischen Grenzen sind bekannt. Effizienzsprünge sind somit nicht zu erwarten – eine Preisdegression zumindest fraglich.

Quellen

- [1] Nallinger, Michael (2015): Warten auf die KWKG-Novelle. In: ZfK Februar/2015, S. 3.
 [2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2014): Richtlinie zur Förderung von KWK-Anlagen bis 20 kW_{el} (Mini-KWK-Richtlinie). www.bit.ly/geb1024 [16.03.2015]
 [3] Statistisches Bundesamt (2015): Bruttostromerzeugung in Deutschland für 2012 bis 2014. Wiesbaden. www.bit.ly/geb1025 [16.03.2015]
 [4] Bundesnetzagentur (2014): Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur – Stand:

29.10.2014. Bonn. www.bit.ly/geb1026 [16.03.2015]

[5] Fürsch, Michaela; Malischek, Raimund; Lindenberger, Dietmar: Der Merit-Order-Effekt der erneuerbaren Energien – Analyse der kurzen und langen Frist. Köln. www.bit.ly/geb1027 [16.03.2015]

[6] Bundesnetzagentur (Juni 2014): Monitoringbericht 2013. Bonn. S. 153. www.bit.ly/geb1028 [16.03.2015]

[7] Großklos, Marc (2014). IWU: Kumulierter Energieaufwand und CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und -versorgungen. Darmstadt. www.bit.ly/geb1029 [16.03.2015]

[8] Icha, Petra (2014). Umweltbundesamt: Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2013. Dessau-Roßlau. www.bit.ly/geb1030 [16.03.2015]

[9] Jagnow, K. u. D. Wolff: Nah- und Fernwärme – Aus- oder Rückbau, TGA-Fachplaner 09-2011, S. 25-29. www.bit.ly/geb1035

[10] Diefenbach, Nikolaus (2002): Bewertung der Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen und Biomasse-Heizsystemen. Darmstadt. www.bit.ly/geb1031 [16.03.2015]

[11] Friedrich, U.: BINE Projektinfo 13/2014: „Wie Fernwärme erneuerbar wird“. www.bit.ly/geb1036

[12] Jagnow, K., D. Wolff u. J. Deidert: Solare Fehleinschätzung Teil 1 und Praxis versus Simulation Teil 2, GEB 03-2013, S. 28-32 und 04-2013, S. 30-35. www.bit.ly/geb1037 und www.bit.ly/geb1038

[13] Großklos, Marc; Frank, Milena (2013): Monatlicher Verlauf des kumulierten Energieverbrauchs und der Treibhausgas-Emissionen im deutschen Strommix. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 63. Jg. Heft 9, S. 32-35. www.bit.ly/geb1032 [16.03.2015]

[14] Schünemann, Adrian; Eikenloff, Gunnar; Brandes, Jörn; Wolff, Dieter (2014): CO₂-Bewertung statt Primärenergiebezug! In: GEB 03-2015, S. 36-39. www.bit.ly/geb1033

[15] Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.): VDI-Richtlinie 3807 Blatt 5, Tabelle 4. November 2014

[16] Hermann, H. u. R.O. Harthan. Studie des ÖKO-Instituts: CO₂-Emissionen aus der Kohleverstromung in Deutschland, Berlin 03-2014. www.bit.ly/geb1039, hier Abb. 12 Seite 44

[17] ASUE (Hrsg.)(2007): BHKW-Checkliste – Orientierungshilfe zu Auslegung und Wirtschaftlichkeit. Kaiserslautern, S. 7. www.bit.ly/geb1034 [16.03.2015]

GEB Forum

**Wie denken Sie über dieses Thema?
Diskutieren Sie mit unter ((wird ergänzt))**

Ann-Christin Janßen

B. Eng., wissenschaftliche Mitarbeiterin im Institut für energieoptimierte Systeme – EOS, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften in Wolfenbüttel.

Adrian Schünemann

B. Eng., wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für energieoptimierte Systeme – EOS, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften in Wolfenbüttel.

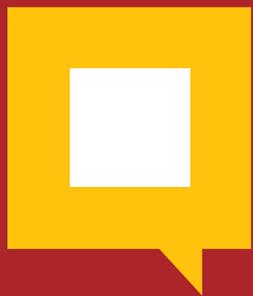
Prof. Dr.-Ing. Kati Jagnow

Hochschule Magdeburg-Stendal – Fachbereich Bauwesen

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff

Institut für energieoptimierte Systeme – EOS, Fakultät für Versorgungstechnik – Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften in Wolfenbüttel.

Randvoll mit
GEBallem
Fachwissen!



Gebäude Energieberater

„Warum lese ich den GEB?
Weil ich von Beginn an immer etwas
gefunden habe was mich interessiert.
Der Kontakt zwischen Zeitschrift und
Leserschaft funktioniert und so lese ich
Beiträge von Kollegen, die ich
persönlich in anderem Rahmen kennen
gelehrt habe. Das schafft Nähe.“

Peter Uenning, Energieberater aus Ostbevern



Leserservice: 0711 / 6 36 72 400
oder unter www.geb-info.de



Jetzt auch als E-Paper: mehr dazu
unter www.geb-info.de/epaper