

Wie misst man das Gift?

MINI KWK CONTRA GAS- UND DAMPFKRAFTWERK (GUD) Die Autoren des Beitrags "Die Dosis macht das Gift" stellten in GEB 04-2015 die Förderung von Mini-KWK infrage, weil diese nur in Ausnahmefällen wirtschaftlich sei und nicht dem Klimaschutz dient. Zu dieser Ansicht kann man nur gelangen, wenn der Wärmesektor sowie die aktuellen Entwicklungen auf dem Stromsektor völlig außer Acht gelassen werden. Ein wirksamer Klimaschutz ist ohne die Nutzung der riesigen Abwärmepotenziale aus der Stromerzeugung zum heutigen Zeitpunkt undenkbar. Christian Neumann, Dr. Jörg Lange, Martin Ufheil

Um die Treibhausgasemissionen der erdgasbetriebenen Mini-KWK mit anderen Arten der Stromerzeugung zu vergleichen, wählt man in der Regel die Methode der Wärmegutschrift. Hierbei wird von den Gesamtemissionen der Mini-KWK derjenige Brennstoffanteil abgezogen, der durch die Abwärmenutzung ersetzt wird. Diese Art der Bilanzierung zeigt, dass erdgasbetriebene Mini-KWK-Anlagen mit Wirkungsgraden (H_i) von bis zu 101 % grundsätzlich effizienter sind als die getrennte Stromerzeugung durch GuD-Anlage (Gas- und Dampfturbine) mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 62 % in Verbindung mit der Wärmeerzeugung über einen Gas-Brennwertkessel mit einem Normnutzungsgrad (H_i) bis 105 % (Abb. 1).

Die Effizienz spricht also dafür, viele mit Erdgas betriebene alte Öl- oder Gaskessel durch eine mit Erdgas betriebene Mini-KWK-Anlage zu ersetzen. So beträgt der Strommix aus der Mini-KWK nur ca. 270 g/kWh anstatt 400 g/kWh bei der GuD.

Wenn nun Emissionen mit Bezug auf die produzierte Wärme bestimmt werden sollen, kann entsprechend die Stromgutschriftmethode verwendet werden. Die Autoren des in GEB 04-2015 erschienenen Artikels "Die Dosis macht das Gift" (WEBCODE 644436) erläutern, dass eine GuD-Anlage im Vergleich zu sehr schmutzigem Kohlestrom (mit Emissionskennwerten von mehr als 900 g/kWh), etwa 500 g/kWh spart. Bei Mini-

KWK-Anlagen erfolgt der Vergleich hingegen mit einem fiktiven Strommix (mit hohem regenerativen Anteil), der dann bei 400 g/kWh liegen soll. Diese Bewertung unterstellt, dass mit der Mini-KWK Strom aus regenerativen Quellen in erheblichem Umfang verdrängt würde. Dafür gibt es bisher keinen Beleg – im Gegenteil. In der Praxis setzt sich die Bewertung nach dem Verdrängungsmix durch. Hiernach verdrängen Erdgas-Mini-KWK-Anlagen überwiegend Strom aus Kohlekraftwerken. Prognos et al. 2014 geben in [1] einen Strom-Referenz-Emissionsfaktor (Nettostromerzeugung) von 912 g CO₂/kWh für 2012 an, der im Laufe der Jahre bis 2050 nennenswert nur abnimmt, sofern der Erzeugungsanteil durch Kohle entsprechend sinkt (Abb. 2).

Es ist daher noch für viele Jahre angemessen, bei der wärmeseitigen Bewertung der Mini-KWK, für deren Emissionsminderung durch die Stromerzeugung einen durchschnittlichen Emissionsfaktor von derzeit 750 g CO₂/kWh als Stromgutschrift anzusetzen.

Ein ähnlicher "Verdrängungsmix" ist übrigens auch für GuD-Anlagen anzusetzen. Wobei zu berücksichtigen ist, dass Strom, der aus großen GuD-Anlagen stammt und durch alle Netzebenen bis zum Verbraucher transportiert werden muss im Vergleich zur Mini-KWK, die den Strom überwiegend genau da produziert, wo er auch gebraucht wird, die Gutschrift um rund 5% zu reduzieren ist.

Mini-KWK aus volkswirtschaftlicher Sicht

Janßen et al. verweisen zu Recht darauf, dass Kohlekraftwerke mit geringen Grenzkosten die emissionsärmeren Gas- und Dampfkraftwerke verdrängen. Das gleiche gilt übrigens auch für gasbetriebene KWK-Anlagen. Bei einer volkswirtschaftlichen Betrachtung ist es erforderlich, auch die externen Umweltkosten der Stromerzeugung den Kraftwerken zuzurechnen. Laut Umweltbundesamt [2] betragen die externen Umweltkosten für Strom aus Kohlekraftwerken über 10 Cent/kWh. Rechnet man diese externen Umweltkosten zu den durchschnittlichen Gestehungskosten der Kraftwerke hinzu [3], ist

Was bedeuten die Bezeichnungen Mini-, Mikround Nano-KWK genau?

Bislang wurden für Anlagen zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme, kurz Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), keine Leistungsklassen normiert. Entsprechend des Begriffs "KWK-Kleinstanlage" aus der KWK-Richtlinie 2004/8/EG werden unter Mini-KWK bislang alle KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung bis zu 50 Kilowatt (kW) gezählt. Der BHKW-Forum e.V. differenziert nach Anwendungsfall noch weiter in Mikro-KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung von etwa 2,5 bis 20 kW und in Nano-KWK (stromerzeugende Heizungen für Ein- und Zweifamilienhäuser) mit einer elektrischen Leistung kleiner als 2,5 kW.

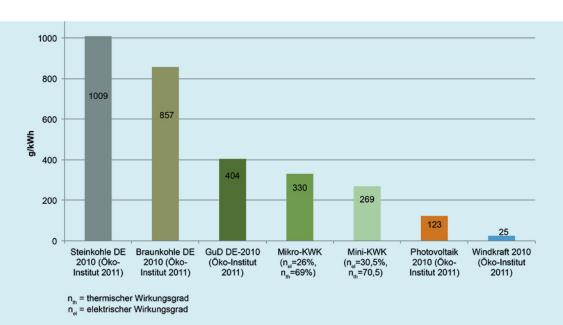
Strom aus Mini-KWK-Anlagen viel günstiger als Kohlestrom und etwas günstiger als Strom aus GuD-Anlagen (Abb. 3).

Solange die Politik nicht den Mut besitzt, hier für eine verursachergerechte Kostenverteilung zu sorgen, bleibt nur die Politik der "Doppelsubvention". Anstatt die konventioneller Energien zu besteuern, müssen die Erneuerbaren, die Erdgas-KWK und in Zukunft vielleicht sogar die GuD-Anlagen finanziell gefördert werden.

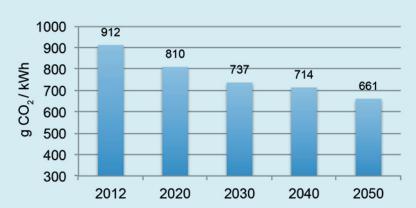
Der (betriebs-)wirtschaftliche Nutzen von Mini-KWK

Der betriebswirtschaftliche Nutzen von KWK lässt sich am besten an Praxisbeispielen wie der **Sanierung eines Bildungsund Betreuungszentrums** im südbadischen Riegel demonstrieren. Die von den Autoren konzipierte Lösung mit Mini-KWK-Anlage zeigt, welche wirtschaftlichen Ergebnisse durch eine Objektversorgung unter den derzeitigen Bedingungen des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetzes zu erzielen sind.

Die Heizzentrale in dem historisch gewachsenen Ensemble versorgt fünf Gebäude und wurde im Rahmen einer energetischen Sanierung von Öl auf Erdgas umgestellt sowie mit einer Mini-KWK (34 kW_{el}) ausgestattet. Vor der energetischen



1 Emissionsvergleich (CO₂-Äquivalente) verschiedener Anlagen zur Stromerzeugung (Emissionsfaktor Wärmegutschrift: 250 q/kWh)



2 Prognose der Emissionsfaktoren bis 2050 (Verdrängungsmix Deutschland) mit Abnahme des Kohlestromanteils

3 Abschätzung der volkswirtschaftlichen Gesamtkosten verschiedener Stromerzeugungsanlagen (Quellen: Gestehungskosten Erzeuger außer BHKW ISE 2013, Umweltkosten nach UBA 2013, Netzentgelte eigene Schätzung)

Sanierung lag der Heizenergiebedarf bei etwa 95 0001 Öl pro Jahr und der Strombedarf bei rund 200 000 kWh. Nach der Sanierung wurden 76823 m³ Erdgas (733176kWh (H_i)) für die Produktion von 543830 kWh Wärme und 176831 kWh Strom (Nettoerzeugung) bezogen. Der Gesamtwirkungsgrad der Anlage liegt damit bei 98%.

Bei getrennter Erzeugung der Wärme durch einen Brennwertkessel (Wirkungsgrad 98%) und Strom aus hocheffizienter GuD (elektrischer Wirkungsgrad 62%) würde der Brennstoffbedarf 840140kWh betragen und wäre damit um etwa 14% höher als bei der gewählten Lösung mit Mini-KWK. Unter Berücksichtigung der Netzverteilverluste von der zentralen GuD-Anlage zum dezentralen Verbraucher erhöht sich der zusätzliche Gasbedarf auf ungefähr 16%.

Von dem in der KWK-Anlage erzeugten Strom wurden etwa 125 550 kWh selbst verbraucht und 51 281 kWh ins öffent-

liche Netz eingespeist. Bei einem Stromverbrauch 2014 von 190 377 kWh mussten damit nur noch 64827kWh aus dem öffentlichen Netz bezogen werden. Der Deckungsanteil der KWK-Anlage an der gesamten Wärmeerzeugung beträgt 72%.

Die Energiekosten des Objekts lagen im ersten Betriebsjahr nach der Sanierung um insgesamt 65 262€ (netto) niedriger als im Jahr davor. Bilanziert man die Investition in Höhe von 150 000 € (netto) mit der jährlichen Energiekosteneinsparung von rund 19500€ (netto) durch die KWK liegt die statische Amortisation der KWK einschließlich Speicher und Anbindung bei etwa 7,7 Jahren. Mit diesem Kennwert zählt die Mini-KWK zu den wirtschaftlichsten Maßnahmen des Sanierungsvorhabens. Mehr und detaillierte Informationen zu dem Projekt kann man im Internet unter www.bhkw-jetzt.de/beispiele/ nachlesen.

Die Zukunft: Schlüssel- statt Brückentechnologie

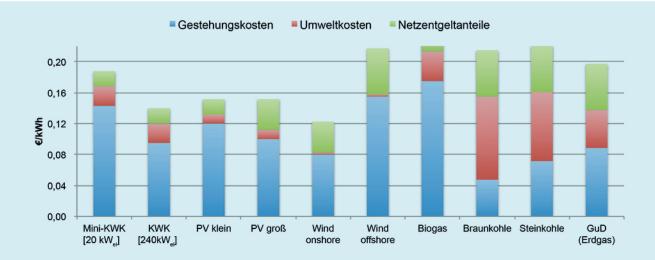
Entgegen der Aussagen von Janßen et al. werden KWK-Anlagen in Zukunft anstatt auf einen "Grundlastsockel" auf "Flexibilität" ausgelegt. Die hohe Flexibilität gegenüber anderen fossilen Kraftwerken führt bereits heute dazu, dass KWK-Anlagen ab einer Leistung von 200 kWel Bestandteil virtueller Kraftwerke zur Bereitstellung von Regelenergie werden. Auch Mini-KWK-Anlagen sind technisch in der Lage, Teil eines virtuellen Kraftwerkes zu werden oder auf adäquate Preissignale flexibel zu reagieren. Allein: es fehlen dafür die finanziellen (politischen) Anreize. Anbieter von Regelenergie aus virtuellen Kraftwerken fordern eine erdgasbetriebene KWK-Leistung von bis zu 50 GW, um den Zuwachs an fluktuierender Erzeugung aus Sonne und Wind zukünftig flexibel und emissionsarm ausgleichen zu können.

Mini-, Mikro- und Nano-KWK (siehe Infokasten) können hierzu einen bedeutenden Beitrag leisten, wenn die Potenziale zur Reduktion der Kosten weiter gehoben werden. Hersteller von Mini- und Mikro-KWK-Anlagen ähneln immer noch mittelalterlichen Manufakturbetrieben. Erst mit hohen Stück-



4 Die Heizzentrale des Bildungs- und Betreuungszentrums St. Anton im badischen Riegel wurde im Rahmen einer energetischen Sanierung von Öl auf Erdgas umgestellt sowie mit einer Mini-KWK (Leistung 34 kWel) ausgestattet. Die Anlage versorgt insgesamt fünf Gebäude.

ildquelle: Solares Bauer



zahlen und niedrigen Kosten werden sie für das Heizungshandwerk so interessant, dass die Mini-, Mikro- und Nano-KWK nennenswerte Anteile der jährlich rund 650 000 zu erneuernden Heizkessel in Deutschland ersetzt.

Erste Zukunfts-Szenariorechnungen des Fraunhofer ISE [4] zeigen, dass bei einer angestrebten CO₂-Reduktion von mehr als 82% in Deutschland die volkswirtschaftlichen Kosten mit Power to Gas, also der Umwandlung von erneuerbar erzeugtem Strom in Wasserstoff bzw. Methan und der saisonalen Speicherung in der bereits vorhandenen Gasinfrastruktur, niedriger sind als bei allen anderen bekannten Technologieansätzen. Dabei bietet sich der Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen aufgrund der hohen Gesamtwirkungsgrade besonders an (www.powertogas.info).

Ob KWK in naher Zukunft auch für Ein- und Zweifamilienhäuser (Brennstoffzellentechnik) eine volkswirtschaftlich sinnvolle Option sein kann, lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abschätzen. Diese Entwicklung steht noch am Anfang.

KWK-Anlagen sind emissionsarm und haben Potenzial

Die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme in gasbetriebenen Mini, Midi- oder Groß-KWK-Anlagen ist die effizienteste und emissionsärmste Form der fossilen Energiegewinnung – auch im Vergleich zur GuD ohne Abwärmenutzung. Solange die externen Kosten konventioneller, fossiler Energien nicht durch eine Umweltsteuer umgelegt werden, müssen die Erneuerbaren und die Erdgas-KWK gefördert werden, um, wie derzeit der Fall, auch betriebswirtschaftlich zu guten Ergebnissen zu führen. Die Mini-KWK hat überdies mittels Power to Gas auch langfristig das Potenzial, einen kostengünstigen, flexiblen und emissionsarmen Beitrag zum Ausgleich der zunehmend fluktuierenden Stromerzeugung aus Sonne und Wind zu leisten.



Wie denken Sie über dieses Thema? Diskutieren Sie mit unter www.bit.ly/geb1051

Quellen

[1] Prognos AG, Fraunhofer IFAM, IREES, BHKW-Consult: Potenzial- und Kosten-Nutzen-Analyse zu den Einsatzmöglichkeiten von Kraft-Wärme-Kopplung (Umsetzung der EU-Energieeffizienzrichtlinie) sowie Evaluierung des KWKG im Jahr 201, Berlin 2014

[2] Umweltbundesamt: Schätzung der Umweltkosten in den Bereichen Energie und Verkehr, Dessau 2012

[3] Christoph Kost et al.: Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien, Studie, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg 2013

[4] Dr. Hans-Martin Henning, Andreas Palzer: The Role of Power-to-Gas in achieving Germany's climate policy targets with a special focus on concepts for road based mobility, Studie, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg 2015

Christian Neumann

Dipl.-Ing., studierte Energie- und Verfahrenstechnik in Berlin und Göteborg/Schweden. Von 1996 bis 1999 arbeitete er bei der Projektgesellschaft Solare Energiesysteme (PSE). Danach war er Mitbegründer der Firma solares bauen – Ingenieurgesellschaft für Energiepla-



nung, wo er den Bereich Energiekonzepte und Simulation leitete. 2005 wechselte er als Projektleiter ans Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE).



Dr. Jörg Lange

konzipierte enkeltaugliche Gebäude im Vauban / Freiburg "Wohnen & Arbeiten" (1999) und "Kleehäuser" (2006). Seit 2001 freier Mitarbeiter der solares bauen GmbH mit dem Schwerpunkt Kraft-Wärme-Kopplung (www.bhkw-jetzt.de).

Martin Ufheil

Dipl. Physikingenieur (FH), arbeitete von 1989 bis 1994 als Entwicklungsingenieur am Fraunhofer ISE. Danach Projektingenieur und Gesellschafter im Planungsbüro econzept Energieplanung GmbH und am Fraunhofer ISE. 1999 Gründung und Geschäftsführer solares bauen GmbH. Autor des Fachbuchs Marktübersicht Thermische Solaranlagen.

