

Wirtschaftlichkeit sicherstellen

Marktbedingungen für KWK-Anlagen

Durch zurückgehende Großhandelspreise für Strom sinkt die Wirtschaftlichkeit von Grundlast-Kraft-Wärme-Kopplungs-(KWK-)Anlagen deutlich. Deshalb müssen Konzepte wie die verstärkte Eigennutzung des Stroms oder eine Anlagenflexibilisierung erarbeitet werden, die auch in Zukunft die Wirtschaftlichkeit sicherstellen oder steigern können. Dabei helfen auch die verbesserten Rahmenbedingungen durch das novellierte KWKG. Bei Anlagenmodernisierungen ist es unter günstigen Voraussetzungen und mit einem guten Konzept sogar möglich, die Investitionssumme vollständig über die KWK-Zuschläge zu refinanzieren.

Die effiziente und ressourcenschonende Produktion von Strom und Wärme in KWK-Anlagen ist ein wichtiger Baustein der Energiewende. Betrug der Anteil des in KWK-Anlagen erzeugten Stroms im Jahr 2002 rd. 13,9 % der deutschen Gesamtstromerzeugung, stieg dieser bis zum Jahr 2010 auf 14,5 % (89,9 TWh). Bis zum Jahr 2020 soll der Anteil auf 25 % steigen. Zentrale Voraussetzung, um dieses Ziel zu erreichen, ist der wirtschaftliche Betrieb der Anlagen. Der Hauptkostenbestandteil im Betrieb einer KWK-

Anlage sind die Brennstoffkosten, i. d. R. für die Beschaffung von Erdgas, das heutzutage in vielen Fällen börsenindiziert beschafft wird. Dem stehen auf der Erlösseite Strom- und Wärmeerlöse gegenüber. Während die Wärmeerlöse meist durch langfristige Lieferverträge festgelegt und über Preisanpassungsklauseln angepasst werden können, unterliegen die Stromerlöse wie die Erdgaspreise in hohem Maß den Schwankungen des Markts. Dabei ist unerheblich, ob der Strom direkt strommarkt-optimiert über den Spotmarkt vermarktet wird oder ob lediglich eine Vergütung mit dem Base-Preis, dem »üblichen Preis«¹⁾, wie bei kleineren Anlagen, stattfindet.

Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen hat die Arbeitsgruppe KWK-Wirtschaftlichkeit des Verbands kommunaler Unternehmen e. V. (VKU)²⁾ den Cogeneration Index (Cogix) entwickelt, der in (Bild 1) nachgebildet und mit dem Clean-Spark-Spread jeweils für das Frontjahr verglichen wird. Dabei berücksichtigt der Cogix die variablen Erlöse (Strom- und Wärmeerlöse) sowie die variablen Kosten (Brennstoffkosten Erdgas mit Lieferung frei Kraftwerk und Kosten für CO₂-Emissionszertifikate) und ermittelt auf diese Weise den

Deckungsbeitrag, der sich aus dem Betrieb einer typischen KWK-Anlage (Grundlast, Stromkennziffer 1, Gesamtnutzungsgrad 85 %) ergibt. Beim Clean-Spark-Spread findet ein analoges Vorgehen für die Stromerzeugung in einem Kondensationskraftwerk statt, d. h. ohne Wärmenutzung.

Sinkende Stromerlöse bei Einspeisung des Stroms (Marktpreis EEX) sowie der sich seitwärts entwickelnde Marktpreis für Erdgas (Marktpreis Gas) führten zu einem stetigen Rückgang der Deckungsbeiträge: Seit August 2012 ist der Deckungsbeitrag des Kondensationskraftwerks sogar negativ; der Cogix weist derzeit eine Höhe von rd. 4 €/MWh(el) auf. Cogix und Clean-Spark-Spread verlaufen nahezu parallel im Abstand der Wärmeerlöse.

Ausgehend von einer Betriebsdauer von 5000 Vollbenutzungsstunden würde die KWK-Anlage einen Deckungsbeitrag von rd. 20 €/kW erwirtschaften – ein Wert, der in etwa den fixen Betriebskosten entspricht, so dass die Vollkosten der Grundlast-KWK ohne Förderung zurzeit nicht erwirtschaftet werden können.

Die beiden genannten Indizes werden unter der Annahme ermittelt, dass eine vollständige Vermarktung am Strommarkt stattfindet. Bei einer (teilweisen) Eigennutzung des Stroms oder einer strommarktgeführten Vermarktung unter Nutzung von Wärmespeichern ist eine Steigerung der Deckungsbeiträge möglich.

Konzepte für KWK-Anlagen

Eigenbedarfsdeckung

Ein wichtiges Konzept für die Wirtschaftlichkeit der KWK ist die Verwendung des erzeugten Stroms zur Deckung des eigenen Strombedarfs. Die Abgaben, Umlagen und Entgelte belaufen sich bei der mittelständischen Industrie lt. Bild 2 auf rd. 50 % der Stromkosten – mit steigender Tendenz. Dabei hat die EEG-Umlage mit 5,277 Ct/kWh im Jahr 2013 den größten Anteil und übersteigt sogar den Börsenpreis. Die Vermeidung von Abgaben, Umlagen und Entgelten durch Eigenerzeugung führt zu höheren Belastungen für die anderen fremdversorgten Verbraucher. Diese Kostenverschiebungen sind sachlich nicht zu begründen: Sie ergeben sich formal aus dem Eigener-



Dipl.-Ing. Jörg Ottersbach (o.),
Dipl.-Ing. Falk Otto (u. l.),
Dipl.-Ing. Knut Schrader,
BET Büro für Energiewirtschaft und technische Planung GmbH, Aachen



1) mittlerer, vorangegangener Quartalspreis an der EEX

2) Vgl. www.vku.de/fileadmin/get/?19511/FCM_-_KWK-Wirtschaftlichkeit_-_CO-GIX_2011_v9.pdf

zeugungsprivileg des EEG³⁾ und der Netzkopplung vieler Umlagen und Entgelte.

Bild 3 zeigt beispielhaft die Kostenstruktur und die Wärmegestehungskosten einer Grundlast-KWK-Anlage ohne Förderung mit unterschiedlichen Anteilen des Eigenverbrauchs des erzeugten Stroms im Vergleich zu einer Kesselanlage. Deutlich zu erkennen ist der große Einfluss des Eigenverbrauchs: Wird die gesamte elektrische Energie ins Netz eingespeist, liegen die Wärmekosten aus der KWK-Anlage deutlich über den Wärmekosten für Wärme aus einem Kessel. Der Betrieb der Grundlast-KWK-Anlage ist ohne Förderung nicht wirtschaftlich.

Die Vorteile der Eigenbedarfsdeckung sind nicht unantastbar, wie der politische Vorschlag zur Strompreisbremse zeigt. Da sich der Vorteil aus den drei Paketen Energie- und Netzumlagen sowie Netzentgelten zusammensetzt, erscheint sein vollständiges Verschwinden jedoch recht unwahrscheinlich.

Flexibilisierung der Anlage

Spiegelung am Spotmarkt

Die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen erhöht sich mit ihrer Flexibilität: Beim strompreisgeführten Betrieb wird die Anlage nur dann betrieben, wenn der Markterlös Strom oberhalb der Grenzkosten der Stromerzeugung der Anlage liegt. Die Grenzkosten der Stromerzeugung ergeben sich aus den in *Tafel 1* dargestellten Einzelpositionen, wobei strittig ist, ob nach Wegfall der Jahresgrenze im KWKG der KWK-Zuschlag berücksichtigt werden soll.

Die Spiegelung am Spotmarkt ist unabhängig von einer Vermarktung des Stroms auf Terminmärkten, da die Lieferverpflichtung am Terminmarkt durch Erzeugung oder Zukauf stattfinden kann. Im strompreisgeführten Betrieb wird die Optionalität der Stromerzeugungsanlage und damit ihr innerer Wert genutzt. Der Erfolg eines strompreisgeführten Betriebs von KWK-Anlagen steigt mit der Flexibilität, den Lastwechseln und Startzahlen der Anlage. Er kann derzeit mit rd. 10 €/MWh über dem Base-Preis angesetzt werden.

³⁾ Das EEG-Eigenerzeugungsprivileg ist ein Relikt aus der früheren physikalischen Rückwälzung im EEG.

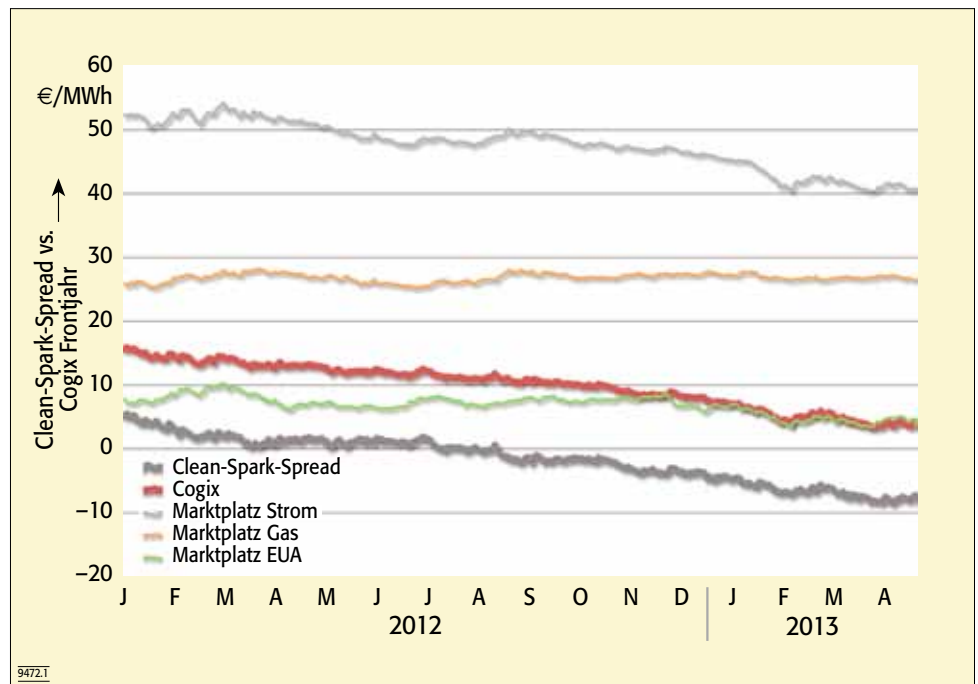


Bild 1. Clean-Spark-Spread vs. Cogix (Frontjahr)

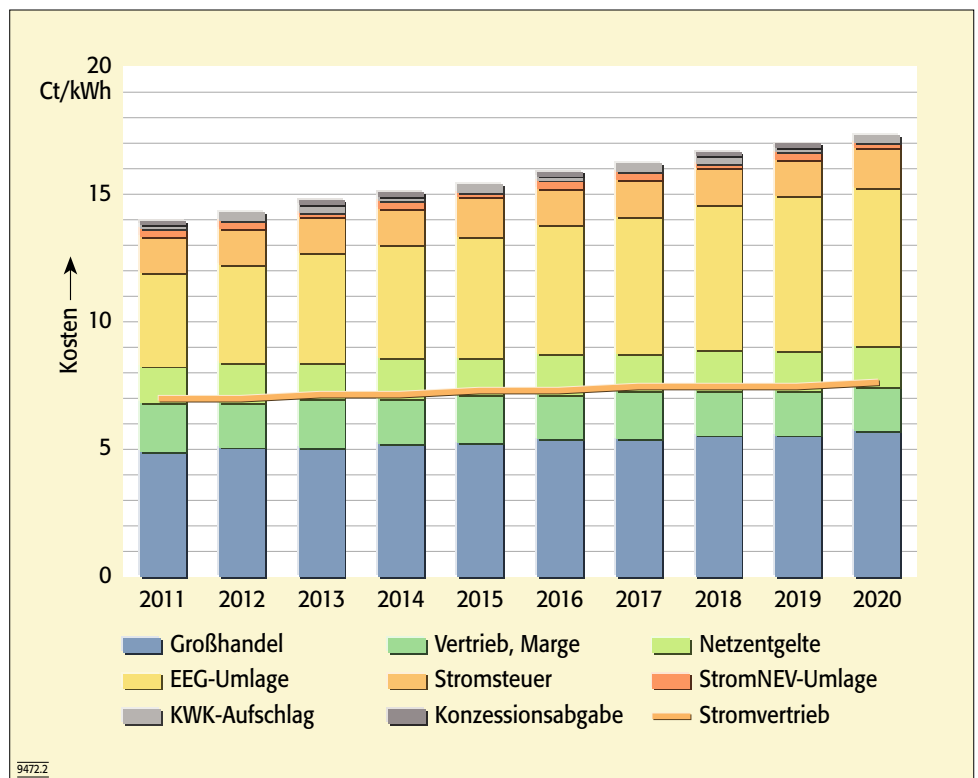


Bild 2. Bestandteile der Stromkosten für die mittelständische Industrie

Aus *Bild 4* können die sinnvolle maximale Laufzeit einer KWK-Anlage im Jahr 2012 und der für diese Laufzeit maximale spezifische Erlös entnommen werden. Eine Anlage mit Grenzkosten von 40 €/MWh sollte danach höchstens 4910 h betrieben werden,

wodurch der Besterlös⁴⁾ bei 53,35 €/MWh läge. Die tatsächlichen Laufzeiten werden unter diesen Werten liegen, da Startkosten und Mindestbetriebs-

⁴⁾ Der Besterlös ist der Erlös aus den höchsten Strompreisen einer Zeitspanne.

Grenzkosten

- Wärmegutschrift (alt. Beschaffung)
- vermiedene Netzkosten (Arbeit)
- KWK-Zuschlag
- + Brennstoffkosten
- + CO₂-Kosten
- + Einsatznebenkosten

- = Grenzkosten Stromerzeugung

Tafel 1. Grenzkosten der Stromerzeugung

und -stillstandszeiten zu berücksichtigen sind. Die Vorteile einer flexiblen, strompreisorientierten Fahrweise können durch eine stochastische Betrachtung der Wirtschaftlichkeit der KWK noch deutlicher dargestellt werden. Wird nicht von deterministisch festgelegten Stundenpreisen in der Zukunft ausgegangen, sondern von Verteilungen, entstehen durch die asymmetrische Teilhabe an hohen und der Nichtteilhabe an niedrigen Preisen Mehrwerte der Optionalität.

Entkopplungssysteme

Der strompreisorientierte Betrieb erfordert eine Entkopplung der Wärmeerzeugung vom Wärmebedarf durch Speicher für Heißwasser oder Alternativanlagen für Dampf. Bei Heißwasseranlagen mit starrer Kopplung der Strom- und Wärmeer-

zeugung (Gegendruckanlagen, Abwärmanlagen) ist die Wärmeeinspeicherung zu Hochpreiszeiten sinnvoll – bei Heißwasseranlagen mit entkoppelter Strom- und Wärmeerzeugung (Entnahme-Kondensations-Anlagen) dagegen zu Tiefpreiszeiten. Bei Dampfanlagen mit starrer Kopplung sind die Freiheitsgrade eingeschränkt, da ohne Dampfbedarf kein Strom erzeugt werden kann und ohne Stromerzeugung der Dampfbedarf alternativ zu decken ist. Bei Dampfanlagen mit entkoppelter Strom- und Wärmeerzeugung wird der Wärmebedarf bei Stromerzeugung in KWK und ohne Stromerzeugung alternativ gedeckt.

Die Wärmespeicher für Heißwasser können als druckfeste oder drucklose Speicher gebaut werden. Die Druckspeicher erreichen laut Bild 5 bei Temperaturen > 100 °C höhere Wärmehalte als die drucklosen Speicher, die auf Maximaltemperaturen von 98 °C begrenzt sind.

Regelenergie

Zusätzlich können Stromerzeugungsanlagen an den Regelenergiemärkten teilnehmen, wobei bei negativer Regelenergie parallel und bei positiver Regelenergie alternativ am Spot- und/oder Regelenergiemarkt teilgenommen wird. Die geforderten Reaktionszeiten bis Vollast betragen 15 min bei

Tertiärregelenergie (Minutenreserve) und 5 min bei Sekundärregelenergie, die üblicherweise durch rotierende Reserve erbracht wird. Die Regelenergiemärkte sind mit 1500 MW für Minutenreserve und 2400 MW für Sekundärregelenergie sehr klein und werden sich wahrscheinlich auch durch die Zunahme dezentraler, fluktuierender Stromerzeugung nicht drastisch vergrößern. Durch Änderungen des Marktdesigns und des Bieterverhaltens sind starke Preisschwankungen möglich, die nicht fundamental prognostiziert werden können. Die Erlöse aus Regelenergie können daher keine gesicherte Wirtschaftlichkeit erzeugen.

Kapazitäten

Im Fall der Schaffung von Kapazitätsmärkten können flexible, entkoppelte und regelenergietaugliche KWK-Anlagen Kapazität anbieten und damit an möglichen neuen Märkten teilnehmen – sie können den erforderlichen Gegenpart zu fluktuierender Stromerzeugung übernehmen und damit die Integration erneuerbarer Energien bewerkstelligen.

KWK-Förderung

Mit der Novellierung des KWK-Gesetzes zum 19. Juli 2012 wurde das Förderniveau für KWK-Anlagen angehoben, die Flexibilität für Modernisierungen deutlich erhöht und eine Förderung von Wärmespeichern neu eingeführt. Es sind nun mehrere Varianten von Modernisierungen bestehender Anlagen förderfähig, bis hin zu einer Teilmodernisierung von KWK-Anlagen. Der Ausschluss bereits modernisierter Anlagen ist entfallen.

Die wichtigsten Neuerungen des KWKG 2012 für KWK- und modernisierte Anlagen mit einer (Wieder-) Inbetriebnahme nach dem 19. Juli 2012 sind:

- (generelle) Erhöhung der Zuschlagssätze um 0,3 Ct/kWh,
- Einführung einer neuen Zone 50 bis 250 kW mit 4,0 Ct/kWh,
- neuer »Emissionshandelsbonus« in Höhe von 0,3 Ct/kWh,
- Wahlrecht 30 000 Vollbenutzungsstunden oder 10 Jahre (bis 50 kW); Pauschalsumme bei Inbetriebnahme für Anlagen bis 2 kW,
- Förderung für 30 000 h bei Modernisierung mit 50 % bzw. für 15 000 h bei Modernisierung mit

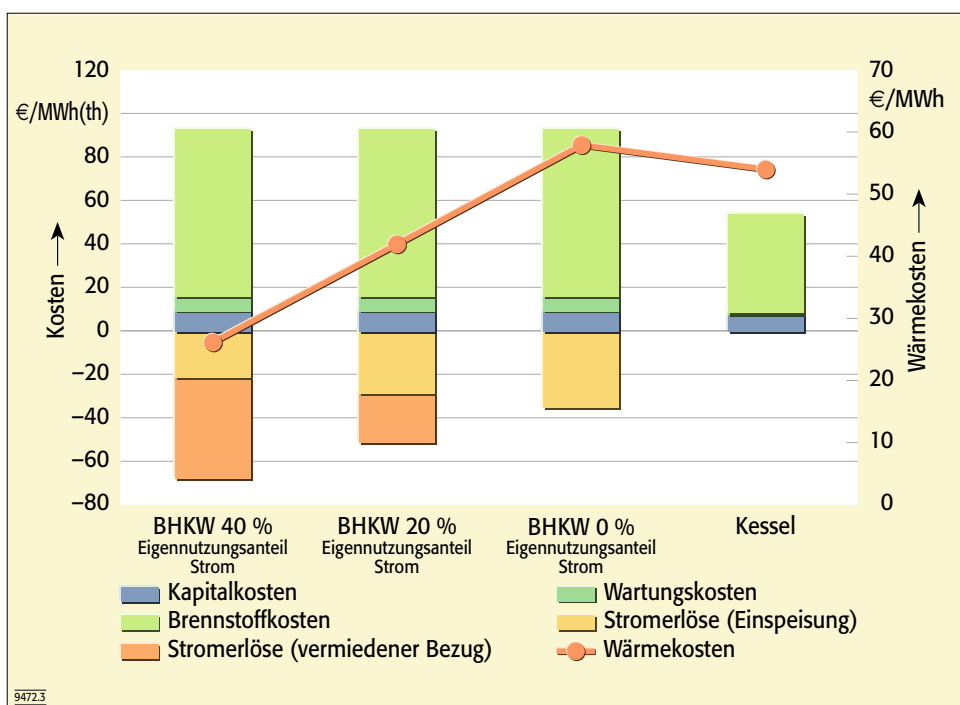


Bild 3. Wärmekosten von Grundlast-KWK ohne Förderung

25 % der Vergleichsinvestition. Neue Förderung für 10000 h bei Nachrüstung zu KWK mit 10 % der Vergleichsinvestition; Wegfall von Beschränkungen erneuter Modernisierung von Bestandsanlagen,

- neue bzw. genauere Definition von »Anlage« (Ver-/Entklammerung 12 Monate) und »Verdrängungstatbestand« (< 60 % KWK-Wärme, Kündigungsbedingung Wärmeliefervertrag),
- neue Förderung von Wärmespeichern (250 €/m³ Wasseräquivalent, max. 30 % der Investition; max. 15 W/m² Wärmeverlust, »speisende« KWK-Anlage muss Marktsignale empfangen können).
- Anhebung der Netzförderung auf 100 € je laufendem Meter (bis DN 100), darüber auf 30 % der ansatzfähigen Investitionskosten.

Im Vergleich der KWK-Zuschläge bis zum 19. Juli 2012 mit den aktuell geltenden Zuschlägen (für verschiedene

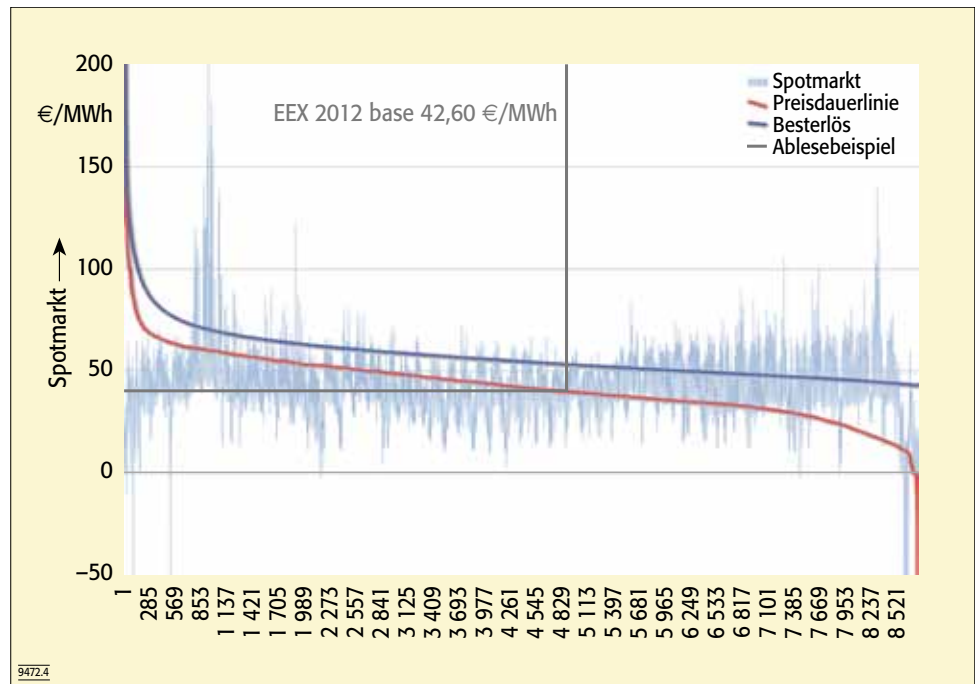


Bild 4. Spotmarkt EEX 2012

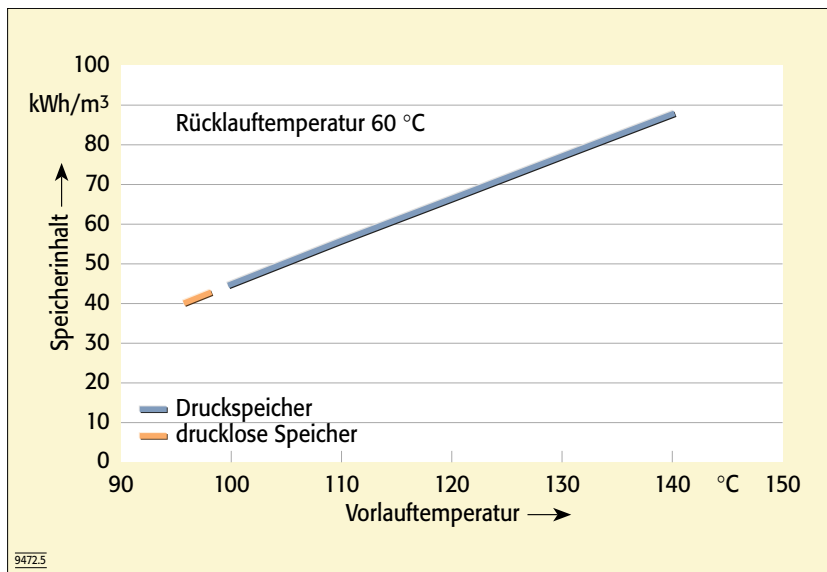


Bild 5. Temperaturen unterschiedlicher Speicher

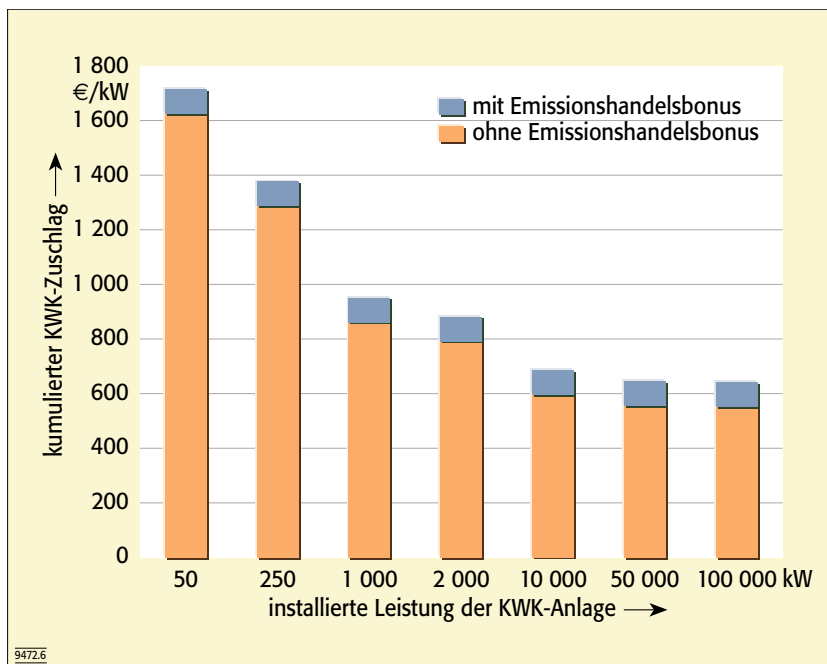


Bild 6. Spezifische Förderung nach KWK-Gesetz (kumuliert)

KWK kW	alt €/MWh	neu ohne EH €/MWh	neu mit EH €/MWh	Steigerung ohne EH %	Steigerung mit EH %
50	51,10	54,10	–	6,0	–
250	27,02	42,82	–	58,0	–
1 000	22,51	28,71	–	28,0	–
2 000	21,75	26,35	29,35	21,0	35,0
10 000	16,35	19,67	22,67	20,0	39,0
50 000	15,27	18,33	21,33	20,0	40,0
100 000	15,14	18,17	21,17	20,0	40,0

Tafel 2. Gegenüberstellung KWK-Zuschlagsätze vor/nach dem 19. Juli 2012, jeweils mit und ohne »Emissionshandelsbonus«. Der Emissionshandelsbonus ist für Anlagen ab 2 MW installierter Leistung vorgesehen; er lässt sich im Rahmen von Modernisierungen u. U. auch für kleinere Module erschließen

Anlagengrößen) ist eine deutliche Erhöhung des Förderniveaus um rd. 6 bis 60 % festzustellen – vor allem bei Anlagen der 250-kW-Klasse, da hier der vorher starke Sprung im KWK-Zuschlagsatz durch die Einführung einer neuen Zone geglättet wurde (Tafel 2).

Zur Bewertung des Förderniveaus in Bezug auf Investitionen in KWK-Anlagen ist in Bild 6 ein spezifischer Wert in €/kW(el) abhängig von der installierten Leistung der KWK-Anlage dargestellt. Zur Ermittlung wurden hier die zu erwartenden KWK-Zuschläge über die geförderte Laufzeit von 30 000 Vollbenutzungsstunden aufsummiert und durch die installierte elektrische (KWK-)Leistung der Anlage geteilt. Im Vergleich zu aktuellen spezifischen Marktpreisen für die betriebsfertige Errichtung von KWK-Anlagen ist festzustellen, dass ein großer Teil der Investition durch die Zuschlagzahlungen gegenfinanziert werden kann.

Nach den Erfahrungen von BET ist es bei Anlagenmodernisierungen unter günstigen Voraussetzungen und mit einem guten Konzept möglich, die Investitionssumme vollständig über die KWK-Zuschläge zu refinanzieren. Insofern ist es dringend geboten, bei anstehenden großen Überholungen die Alternative einer Modernisierung und bei dieser Gelegenheit auch das Anlagenkonzept zu prüfen. Es besteht hier die Chance, mit letztlich geringem Kapitaleinsatz eine in wesentlichen Teilen neue, weniger wartungsintensive und konzeptionell zukunftsfähige KWK-Anlage zu erhalten.

Fazit

Die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen kann durch die Eigenverbrauchsquote sowie die Flexibilisierung der Anlage mit Wärmespeichern nachhaltig gesichert bzw. deutlich erhöht werden. Vor allem die Flexibilisierung kann als Zukunftskonzept der KWK mögliche Wertschöpfungen realisieren. Durch die Wahl eines geeigneten Anlagenkonzepts ist es darüber hinaus möglich, mit dem neuen KWKG mit geringem Kapitaleinsatz eine in wichtigen Teilen neue und konzeptionell zukunftsfähige KWK-Anlage zu erhalten. ■

joerg.ottersbach@bet-aachen.de
www.bet-aachen.de