**Bewertung von getrennter und gekoppelter**

**Strom- und Wärmeerzeugung**

Kommentar zu:

Lüking, Rolf-Michael: „Die Effizienz von Kraft-Wärme-Kopplung: ein Vorschlag zu einem neuen Bewertungsansatz“, In **Bauphysik 33 (2011),** Heft 6: 329-337.

**Manuskript zu meiner Publikation in :**

Bauphysik: Volume 34, Issue 6, pages 302–303, December 2012

**Verfasser**: **Dr. rer.nat. Gerhard Luther**

e-mail: [luther.gerhard@ingenieur.de](mailto:luther.gerhard@ingenieur.de)

Telephon: 0681-302-2737 (d) ; 0681-56310 (p)

homepage: <http://www.uni-saarland.de/fak7/fze/>

dienstlich: **Universität des Saarlandes**

FSt. Zukunftsenergie c/o Experimentalphysik – Campus E26

**66041** **Saarbrücken**

home office: Winterbergstr.23, 66119 Saarbrücken

**Manuskript zu:**

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bapi.201290049/pdf>

Bewertung von getrennter und gekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung

Ein Kommentar zu dem Vorschlag für einen neuen Bewertungsansatz der Effizienz von Kraft-Wärme-Kopplung von Rolf-Michael Lüking\*

Dr. rer. nat. Gerhard Luther

Article first published online: 4 DEC 2012

DOI: 10.1002/bapi.201290049

Copyright © 2012 Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin

Bauphysik: Volume 34, Issue 6, pages 302–303, December 2012

**Bewertung von getrennter und gekoppelter Strom-und Wärmeerzeugung**

Kommentar zu: Lüking, Rolf-Michael: „Die Effizienz von Kraft-Wärme-Kopplung: ein Vorschlag zu einem neuen Bewertungsansatz“, In **Bauphysik 33 (2011),** Heft 6: 329-337.

In [1] hat Lüking gezeigt, dass die in der Energiesparverordnung (EnEV) [2] für die Ausstellung von Energieausweisen herangezogenen Rechenregeln („Stromgutschrift­methode“) für die Bewertung von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in eklatanter Form die euro­paweit festgelegten und physikalisch begründeten Grundsätze der einschlägigen EU-Richtlinie [3] missachten und darüber hinaus „zu einer vollständigen Nivellierung der Unter­schiede in der technischen Qualität der einzelnen Anlagen“ führen. Auch die „Elektrizitätsstudie“, eine offizielle Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) [4], hat zurückhaltend in der Formulierung aber deutlich in der Sache herausgestellt, dass „der Ausbau der KWK in Zukunft keineswegs immer der Königsweg für die effizienteste und wirtschaftlichste Art des Brennstoffeinsatzes ist, für den er häufig gehalten wird.“

Vor diesem Hintergrund unterbreitet Lüking nun in [1] einen bemerkenswerten Vorschlag zur Neubewertung von KWK–Anlagen. Er geht dabei von der bestehenden EU-Richtlinie [3] aus, fügt weitere Sachverhalte und Anforderungen ein und gelangt dadurch zu einem Ausdruck für den Brensstoffaufwand (BSA), die Gl.(7) und äquivalent hierzu die Gl.(3) in [1], den er zur Grundlage der Bewertung von KWK-Anlagen vorschlägt.

Ich halte seinen Vorschlag für gut begründet und zielführend, möchte aber im Folgenden eine m.E. für Außenstehende einfachere und ohne Rückgriff auf sonstige Argumente aus sich selbst heraus verständliche Herleitung angeben, die die Durchschlagskraft und Nützlichkeit der Bewertungsmethode unmittelbarer herausstellt.. Hierbei benutze ich eine in Anlehnung an [4] allgemeinere Sprechweise und die gesamte Argumentation basiert auf einem einfachen und einsichtigen Ansatz, der Gl.(2). Wir betrachten eine KWK-Anlage, die mit dem Primärenergieeinsatz **Q0** die Nutzwärme **QKWK** und die Elektrizität **EKWK** produziert. Dann lässt sich ein „integraler“ thermischer Ausnutzungsgrad **εth** und ein elektrischer Ausnutzungsgrad **εel** definieren mit:

**QKWK** = **εth** \* **Q0** (1a)

und

**EKWK** = **εel** \* **Q0**  (1b)

Nun spalten wir die Primärenergie **Q0** in zwei Bestandteile **Q0th** und **Q0el** auf, die wir getrennt der erzeugten Wärme, **QKWK**, und dem Strom, **EKWK**, zuordnen. Für die Stromproduktion gibt es bereits eine akzeptierte und an jeder Steckdose verfügbare Referenz: die Stromerzeugung in einem modernen Gas- und Dampfkraftwerk (GuD) mit einem Wirkungsgrad **ηGuD**,der bei einer gemäß der EU-Richtlinie [3] heranzuziehenden modernen und technisch fortschrittlichen Anlage inzwischen bei 0.60 liegt. Also können wir als Ansatz formulieren:

**Ansatz:**   **Q0 = Q0th + Q0el  mit Q0el = EKWK**/ **ηGuD (2)**

Nun lässt sich ein direkt auf den abgetrennten Primärenergieteil **Q0th**, der für die Wärmeerzeugung übrig bleibt, zugerechneter “separierter“ thermische Wirkungsgrad der KWK, **ηKWKth**, bestimmen:

**η**KWK**th = QKWK / Q0th**   (3)

Aus der Gl.(2) kann man nämlich **Q0th** freistellen und **Q0el** einsetzen:

**Q0th = Q0 - Q0el = Q0 - EKWK**/ **ηGuD**

Für **EKWK**kann man die Gl.(1b) einsetzen:

**Q0th = Q0 \* ( 1 - εel**/ **ηGuD )**

Nun kann man Gl.(3) auswerten, indem man für **QKWK** die Gl.(1a) einsetzt, und erhält

den zugerechneten Wirkungsgrad der KWK für die abgetrennte Wärmeerzeugung:

**η**KWK**th** = **εth** **/**  **{** 1 **-** **εel**/**ηGuD } (4)**

Die Gl.(4) ist eine andere aber inhaltsgleiche Formulierung der Gln.(7) und (3) aus [1], wenn man für **ηGuD** den dort benutzten Wert 58,5% einsetzt ( der –wie oben erwähnt- inzwischen jedoch bei 60% liegt).

Die obige Herleitung unterstreicht die Stringenz des Lüking‘ schen Vorschlages. Wenn man nach dem Ansatz Gl.(2) eine moderne GuD-Anlage als Referenz für eine zur KWK alternative Stromerzeugung akzeptiert, -und praktisch und formal nach der einschlägigen EU-Richtlinie [3] ist dies wohl unvermeidlich- dann bleibt eben für die Bewertung des abgetrennten Wärmenutzen der KWK-Anlage nur **η**KWK**th** übrig.

Eine analoge Kenngröße für die reine Wärmeerzeugung lässt sich auch für konkurrierende Anlagen und Prozessketten definieren: für einen Brennwertkessel ist dies dessen Kesselwirkungsgrad (mit Bezug auf den Heizwert!) und für die als moderne Alternative in [4] herausgestellte Prozesskette aus GuD - Kraftwerk und elektrische Wärmepumpe ergibt sich der thermische Wirkungsgrad **η**WP dieses „Superkessel“ zu [5]:

**η**WP  **= QWP /QGuD = JAZ \* ηGuD (5)**

, wobei **QGuD** den Gaseinsatz im GuD –Kraftwerk für denjenigen Strom bedeutet, den die Wärmepumpe zur Erzeugung der Nutzwärme **QWP** benötigt.Mit einer heute üblichen Jahresarbeitszahl (JAZ) von 4 und dem oben zitierten Wirkungsgrad **ηGuD** = 0,60ergibt die Gl.(5)

**η**WP **= 2,4 ,**

ein Wert, der sich für die Wärmeauskopplung aus thermischen Prozessen in KWK-Anlagen derzeit nicht erreichen lässt.

Bei einer manchmal in salopper Weise auch als „KWK“ bezeichneten Wärmeproduktion mit Hochtemperatur-Brennstoffzellen, deren elektrochemischer Prozess im Gegensatz zu thermischen Prozessen nicht durch den Carnot Faktor begrenzt ist, lassen sich theoretisch sehr hohe Wirkungsgrade für die abgetrennte Wärmeerzeugung erreichen. Allerdings fällt etwa bei den SOFC –Brennstoffzellen die Reaktionswärme auf einem so hohen Temperaturniveau an, dass man diese Abwärme nicht zum Heizen sondern in einem **„Brennstoffzellen und Dampfkraftwerk (BuD)“** noch zur weiteren Stromerzeugung heranziehen wird,- sollten die SOFC einmal die Wirtschaftlichkeitsschwelle erreichen.

[1] Lüking, Rolf-Michael: „Die Effizienz von Kraft-Wärme-Kopplung: ein Vorschlag zu einem neuen Bewertungsansatz“, **Bauphysik 33 (2011),** Heft 6: 329-337.

[2] Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung, EnEV 2009. Nichtamtliche Lesefassung (zu der am 18. Juni 2008 von der Bundesregierung beschlossenen Fassung).

[3] EU-Richtlinie 2004/8/EG vom 11.Februar 2004 über die Förderung einer am Nutzwärme­bedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung im Energiebinnenmarkt.

[4] Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG): „Elektrizität: Schlüssel zu einem nachhaltigen und klimaverträglichen Energiesystem“, Bad Honnef, Juni 2010.

<http://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/broschueren/studien.html> .

[5] Luther, Gerhard: „Kraft-Wärme-Kopplung und Systemvergleich“ bzw. „Thermodynamisch optimiertes Heizen“ . Kapitel II.3 bzw. I.3 von [4].