Wärmenetze mit BHKW und Wärmepumpen

Optimierung der Primärenergiefaktoren

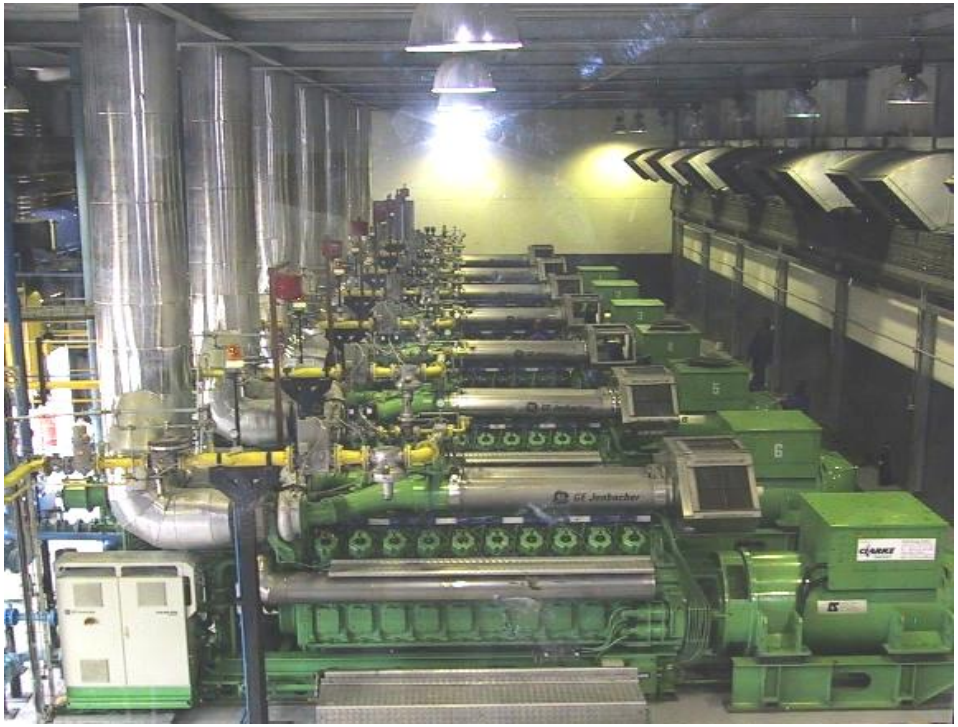
Dipl.-Ing. Heinz Ullrich Brosziewski

Kraft-Wärme-Kopplung Beratung · Projektierung · Gutachten

Leinaustr. 13 · 30451 Hannover · 0511 215 04 98
post@brosziewski.de

Mein Büro: Projektierung und Projektbegleitung

- Wirtschaftlichkeitsanalysen für BHKW mit Strom-, Wärme- und Kältelieferung
- Energierechtliche und energiewirtschaftliche Optimierung der Betreiberkonzepte
- Projektprüfung für Finanzierungsgesellschaften
- “klassische” Anlagenplanung nach HOAI
- Projektentwicklung, Projektsteuerung
- BImSch- und TEhG-Verfahren, FW308-/FW309-Gutachten



Die Bandbreite der dezentralen KWK

Mein Büro betreut von der Mini-KWK-Anlage im Wohnungsbau ($5{,}5\ kW_{el}$ / $14{,}5\ kW_{th}$)

Die Bandbreite der dezentralen KWK

bis zum Industrie-BHKW
(11.075 kW_{el} / 11.125 kW_{th})

die ganze Palette der dezentralen KWK-Anlagen

Arealstrommodell bei der Städtischen Wohnungsgesellschaft Bremerhaven (Stäwog)

- 2007/2008: Wohnanlage Feldstraße – Auf der Bult – Meisenstraße 78 WE
  BHKW 20 kW_{el}, 47 kW_{th}
  Zusammenlegung der Hausanschlüsse zu einer Kundenanlage
- 2009: Wohnanlage Scharnhorststraße – Hardenbergstraße – Fichtestraße – Waldemar-Becké-Platz 98 WE
  BHKW 34 kW_{el}, 78 kW_{th}
  Zusammenlegung der Hausanschlüsse zu einer Kundenanlage
- bis 2014: 8 weitere Standorte
- Gefördert nach dem REN-Programm des Landes Bremen
- Ab 2017: weiterer Ausbau der Arealstromversorgung

Biomassse-BHKW mit Fernwärme zum Flughafen Münster/Osnabrück

Quelle: ME Münsterland GmbH

- Standort: Goldene Mühle, Ladbergen Sonnenblumenkernverarbeitung
- Biomasse-BHKW: 4,3 MW_{el} Ausbau auf 5,7 MW_{el}
- Ursprünglich Pflanzenöl umgerüstet auf Holzvergasung
- Versorgung des Mühlenbetriebs mit Heizwärme und Absorberkälte, Fernwärme im Gewerbegebiet, Fernwärme und Absorberkälte im Flughafen Münster/Osnabrück
- Trassenlänge: rund 6 km mit Kanalunterquerung

BHKW und Wärmepumpe: Ein Gegensatz?

In zahlreichen Untersuchungen und Diskursen wird die elektrisch betriebene Wärmepumpe oft als Alternative zur Kraft-Wärme-Kopplung dargestellt.

Jedoch zeigen zahlreiche Konzepte im Rahmen der Sektorkopplung, dass BHKW und WP sich sehr gut ergänzen.

BHKW und Wärmepumpe im Stromsystem

Die „Kurzstudie zur Rolle der KWK in der Energiewende“, durchgeführt von Fraunhofer IFAM, Bremen 2018, im Auftrag des Bundesverbandes Kraft-Wärme-Kopplung e.V. zeigt:

- Die zunehmend flexibilisierte KWK stellt die Residuallast in den Zeiten, in denen das Angebot aus PV und Windstrom nicht ausreicht.
- In den zahlreicher werdenden Zeiten mit „Stromüberschuss“ übernehmen WP in den Wärmenetzen die Wärmelieferung, die KWK-Anlagen fahren zurück.
- Die Brennstoffversorgung wird sich stetig zu erneuerbaren Gasen hin entwickeln, die fossile KWK „konvertiert“.

BHKW und Wärmepumpe vor Ort

Es gibt zahlreiche Anwendungskonzepte, die die Kombination BHKW / WP zur optimierten Bereitstellung von Wärme und Kälte nutzen:

- BHKW zur Wärmebereitstellung im Winter und in der Übergangszeit / WP im Sommer zur Kühlung und zur Lieferung der Brauchwasserwärme
- WP kühlt die Zuluft zum BHKW bei heißen Außentemperaturen ab, das BHKW läuft effizienter (insbesondere die Gemischkühlung arbeitet optimal). Als HT-WP wird evtl. Zusatzwärme aus Brennern reduziert.
- u.v.a. mehr

Legalmotiv: EEWärmeG

§ 3 Abs. 1 EEWärmeG:

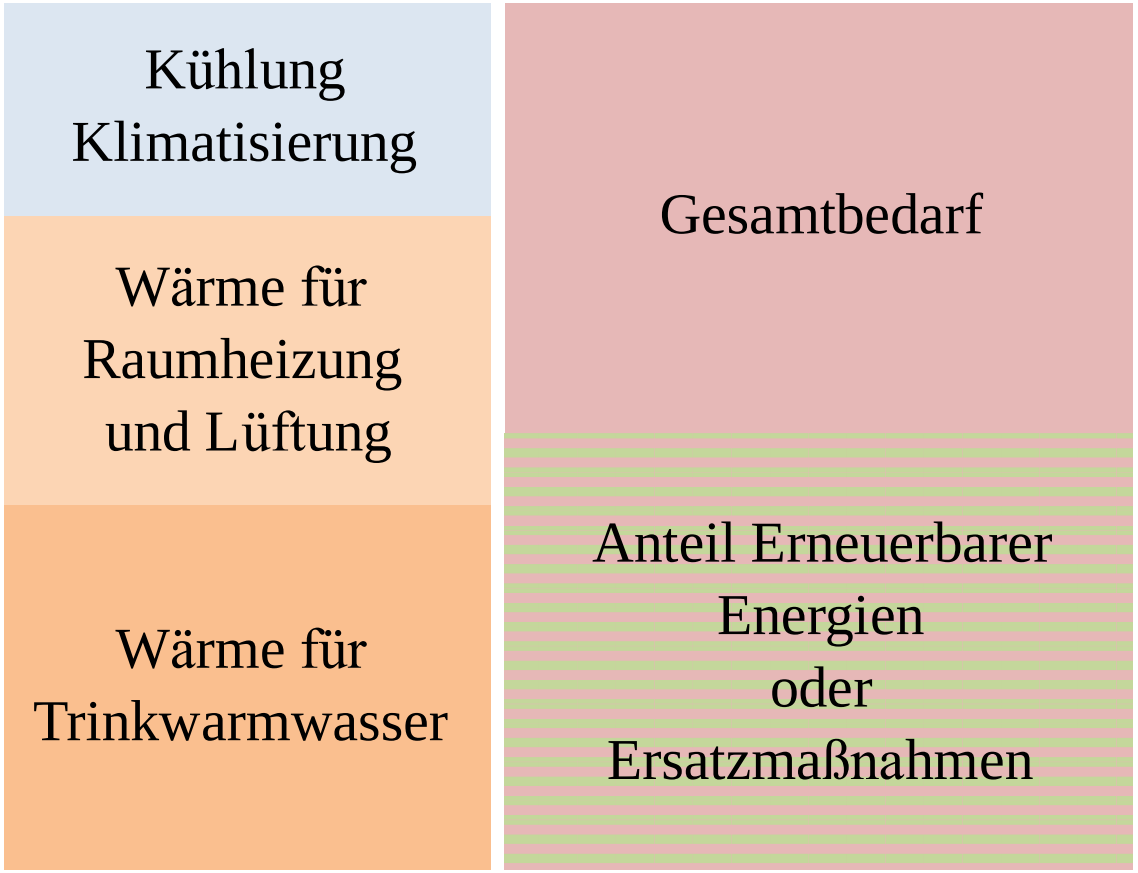
Die Eigentümer von Gebäuden ..., die neu errichtet werden..., müssen den Wärme- und Kälteenergiebedarf durch die anteilige Nutzung von Erneuerbaren Energien ... decken.

⇒ Das Gesetz definiert eine **Nutzungpflicht** erneuerbarer Energien für fast alle neuen Gebäude mit nur wenigen Ausnahmen.

⇒ Betreiber vorhandener Wärmenetze mit im Schwerpunkt Bestandskunden stehen vor der Herausforderung, für den Anschluss von Neubauten die Vorgaben des Gesetzes erfüllen zu müssen.
Die nur anteilige Erfüllung im Wärmenetz ist nicht zulässig.

⇒ **Es gilt der Grundsatz: Ein Netz – ein Faktor und Erfüllungsgrad!**

EEWärmeG: Anteilige Nutzung von EE



Mindestanteile zur Erfüllung

Maßnahme	Mindest-anteil EE	Bemerkung
Solarthermie	15%	0,04/0,03 m^2 Aperturfläche je m^2 beheizter Nutzfläche, "Solar Keymark"-Siegel gefordert
gasförmige Biomasse	30%	Nur in KWK zulässig, Biogas oder Biomethan i.S. EEG
flüssige Biomasse	50%	Beste verfügbare Heiztechnik, Biomassestrom-NachhaltigkeitsVO
feste Biomasse	50%	Mindestanforderungen an Heizkessel (z.B eta >= 88% und weitere)
Geothermie / Umweltwärme	50%	Mindestanforderung an JAZ der WP 3,5 (Luft/Luft) bzw. 4,0 (alle anderen)
Abwärme	50%	Mindestanforderung an JAZ wie oben, bei WRG aber mind. 10 !
"Übererfüllung" EnEV		Unterschreitung des Jahresprimärenergiebedarfs gegenüber dem Sollwert um mindestens 15%
Ersatzmaßnahme nach §7: hocheffiziente KWK (fossil)	50%	Hocheffiziente KWK i.S. 2004/8/EG jetzt: 2012/27/EU

Kombinationen sind zulässig, Anforderungen im Detail im Gesetz tiefer ausgeführt.

Übersicht zu f_p

Energieträger[a]		Primärenergiefaktoren f_P	
		insgesamt	nicht erneuerbarer Anteil
		A	B
Brennstoffe	Heizöl EL	1,1	1,1
	Erdgas H	1,1	1,1
	Flüssiggas	1,1	1,1
	Steinkohle	1,1	1,1
	Braunkohle	1,2	1,2
Nah-/Fernwärme aus KWK[b]	fossiler Brennstoff	0,7	0,7
	erneuerbarer Brennstoff	0,7	0,0
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3	1,3
	erneuerbarer Brennstoff	1,3	0,1
Strom	allgemeiner Strommix	2,8	1,8 ab 1.1.2016
	Verdrängungsstrommix	2,8	2,8
Biogene Brennstoffe	Biogas, Bioöl	1,5	0,5
	Holz	1,2	0,2
Umweltenergie	Solarenergie, Geothermie,Umgebungswärme, Umgebungskälte	1,0	0,0

a Bezugsgröße Endenergie: Heizwert H_i

b Angaben sind typisch für durchschnittliche Nah-/Fernwärme mit einem Anteil der KWK von 70 %

Tabelle 1: Primärenergiefaktoren für Deutschland nach EnEV 2014

Energieträger		Primärenergiefaktoren f_P
Brennstoffe	Grubengas, Gichtgas, Kokereigas	0,0
	Abfall	0,0
	Deponiegas	0,0
	Klärschlamm	0,0

Tabelle 2: Ergänzende Primärenergiefaktoren für Deutschland in Anlehnung an DIBt-Auslegung Staffel 11

Quelle: AGFW, FW 309-1:2014

KWK-Ausschreibung: Quadratur des Kreises

Die wesentlichen Kritikpunkte am Ausschreibungsverfahren

- Einordnung der KWK als reine Stromerzeugungsanlage (analog zu Wind und PV).
  Real bilden KWK-Anlage und Wärmenetz aber ein einheitliches System, sie sind in ihrer Wirtschaftlichkeit und und in ihren Lastgängen stark aufeinander angewiesen.
- Wegfall des KWK-Zuschlags in Zeiten negativer Strompreise widerspricht den Hocheffizienzvorschriften der Wärmeversorgung, weil KWK-Anlagenbetreiber in den Zeiten möglicherweise die KWK-Anlage abschalten und statt dessen Frischwärme erzeugen.

KWK-Ausschreibung: Quadratur des Kreises

Weitere Kritikpunkte am Ausschreibungsverfahren

- KWK-Anlagen mit Wärmenetzen benötigen Planungs- und Realisierungszeiten von durchschnittlich 24 bis zu 48 Monaten.
  Wärmenetze stellen eine nicht unerhebliche Vorlaufinvestition dar, die im Ausschreibungsverfahren nach bisherigem Kenntnisstand nicht berücksichtigt werden kann.
- „Die“ KWK-Anlage muss innerhalb von 24 Monaten nach Aufnahme des Wärmenetzbetriebs mindestens 75% des Wärmebedarfs des Netzes abdecken.
  →Widerspruch zum Primat der strommarktorientierten Fahrweise.

KWK-Ausschreibung: Quadratur des Kreises

Offensichtlicher Widerspruch der Ziele

- KWK-Anlagen, deren Zuschlag im Ausschreibungsverfahren ermittelt wird, erhalten den Zuschlag nur für max. 3.500 VBh im Jahr.
- Die Wärmelieferung erfolgt aber gerade in der Wärme-Teillast oft ganzjährig aus KWK.
- Das Ziel, den Erfüllungsgrad nach EEWärmeG und den f_P zu erreichen, kann der Wärmenetzbeteiber oft nur mit relativ hohen KWK-Wärmeanteilen erreichen.
- Er wird also entweder eine „zu große“ KWK-Anlage errichten oder eine Anzahl von Stunden ohne Zuschlag fahren müssen.

Pfiffige Lösungen sind gefragt

Um die genannten Widersprüche aufzulösen, bedarf es pfiffiger Lösungen.

Eine davon ist, die KWK-Anlage nicht allein zu denken, sondern auch weitere Lösungen wie

- Power-to-Heat-Anlagen (Herkunft des Strom wg. f_p beachten !)
- Solarthermie
- Wärmepumpen

in Betracht zu ziehen.

Die Kosten der Wärme werden dadurch natürlich nicht gerade günstiger....

Beispiel Quartierslösung

<u>Ausgangslage</u>

Ein FW-Unternehmen betreibt ein Quartierswärmenetz und versorgt Bestandsgebäude unterschiedlicher Nutzung.

Netzlänge: 1.000 Meter Systemtemperaturen 85/50 ° C

Gesamte Wärmeabgabe: 1.150.000 kWh_{th}

Wärmeerzeugung: BHKW 49 kW_{el}/80 kW_{th} Kessel 520 kW_{th}

f_P 0,91 EG 0,97

Es soll im Rahmen einer Verdichtung ein kleines Neubauquartier an das FW-Netz angeschlossen werden.

Beispiel Quartierslösung

Technische Anbindung

Da das Neubauquartier mit niedrigeren Systemtemperaturen versorgt werden kann, entschließt sich der Netzbetreiber zur Installation einer „kleinen“ Zwischenstation, in der die Systemtemperaturen aus dem vorgelagerten Netz auf 70/40 °C abgesenkt werden.

Dadurch werden im neuen Netzteil die Verluste gemindert.

Beispiel Quartierslösung

<u>Lösung 1</u>

Die bestehende Heizzentrale wird um ein weiteres BHKW-Modul gleicher Leistung erweitert.

→ keine Verklammerung mit dem Bestands-BHKW

Netzlänge: 1.430 Meter Systemtemperaturen 85/50 ° C ¦ 70/40 ° C

Gesamte Wärmeabgabe: 1.400.000 kWh_{th}

Wärmeerzeugung: BHKW 98 kW_{el}/160 kW_{th} Kessel 520 kW_{th}

neu:	f_P 0,68	EG 1,39
alt:	f_P 0,91	EG 0,97

Beispiel Quartierslösung

<u>Folge von Lösung 1</u>

Die KWK-Stromerzeugung ist nicht mehr durchgehend strommarktkompatibel.

Die Kosten der zusätzlichen BHKW-Investition können in den Wärmepreis für Bestandskunden nicht eingerechnet werden, denn diese haben nichts von dem verbesserten f_P.

Beispiel Quartierslösung

<u>Lösung 2</u>

In der Zwischenstation wird eine Wärmepumpe eingebaut, das neue Teilnetz wird eigenständig betrachtet. Die nicht von der WP gelieferte Wärme wird aus dem vorgelagerten Bestandsnetz bezogen.

Netzlänge: 430 Meter Systemtemperaturen 70/40 ° C

Gesamte Wärmeabgabe: 250.000 kWh_{th}

Wärmeerzeugung: WP 75 kW_{th} JAZ 4,0

neu:	f_P 0,58	EG 1,88
alt:	f_P 0,91	EG 0,97

Beispiel Quartierslösung

<u>Folge von Lösung 2</u>

Der nach EEWärmeG erforderliche Erfüllungsgrad wird von der Kombination leicht erfüllt.

Die Lösung ist deutlich kompatibler mit dem Strommarkt als die Lösung 1.

Aufgrund des $f_P > 0{,}5$ ist es für die Bauherren aufwändiger, KfW-Fördermittel zu bekommen.

Ideal dazu ist ein $f_P < 0{,}5$.

f_P-Herausforderung für BHKW und WP

Es sind jeweils die Bilanzgrenzen sorgfältig zu beachten:

Jeglicher Stromverbrauch, der der Wärmeerzeugung anzulasten ist, muss von der KWK-Stromerzeugung abgezogen werden.

Erst der verbleibende Überschuss darf als Stromgutschrift mit dem Verdrängungsmixfaktor 2,8 bewertet werden.

Nicht zulässig ist es, die KWK-Stromerzeugung mit 2,8 gut zu schreiben und den Strombezug der WP mit dem allgemeinen Strommixfaktor 1,8 dagegen zu rechnen!

f_P-Herausforderung für BHKW und WP

Analog gilt für die Ermittlung des Erfüllungsgrades EG, dass die Wärmequelle Rücklauftemperatur nicht als Umweltwärme angerechnet werden darf!

Umweltwärme i.S. des Gesetzes ist Wärme, für die kein zusätzlicher Brennstoffaufwand entsteht.

Kühlt die WP den Rücklauf ab, muss in der Zentrale mit zusätzlichem Brennstoff „nachgeheizt“ werden. Die Kondensationswärme im Brennwerttauscher reicht i.d.R. nicht aus, der Nachweis ist kaum zu führen.

Fazit

Die Kombination von KWK-Anlagen mit WP bietet gute Chancen, muss jedoch mit Rücksicht auf die Berechnungsvorschriften der EnEV und des EEWärmeG in der Konfiguration sorgfältig geplant werden.

Die Anforderungen an den BHKW-Betrieb durch den Strommarkt sprechen für die sinnvolle Kombination mit der WP.

Die Bestimmungen des EEWärmeG und der EnEV sind dagegen im teilweisen Widerspruch dazu.

→ Der Gesetzgeber und die Normungsgremien sind gefordert.

→ Bis dahin sind pfiffige Einzellösungen gefragt.

Dipl.-Ing.
HEINZ ULLRICH BROSZIEWSKI

Kraft-Wärme-Kopplung
Beratung · Projektierung · Gutachten

Leinaustr. 13
30451 Hannover

0511 / 215 04 98
post@brosziewski.de
www.brosziewski.de