



ASUE

Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.



Schulungsunterlagen für Energieberaterseminare

KWK-Leitfaden für Energieberater

VORWORT

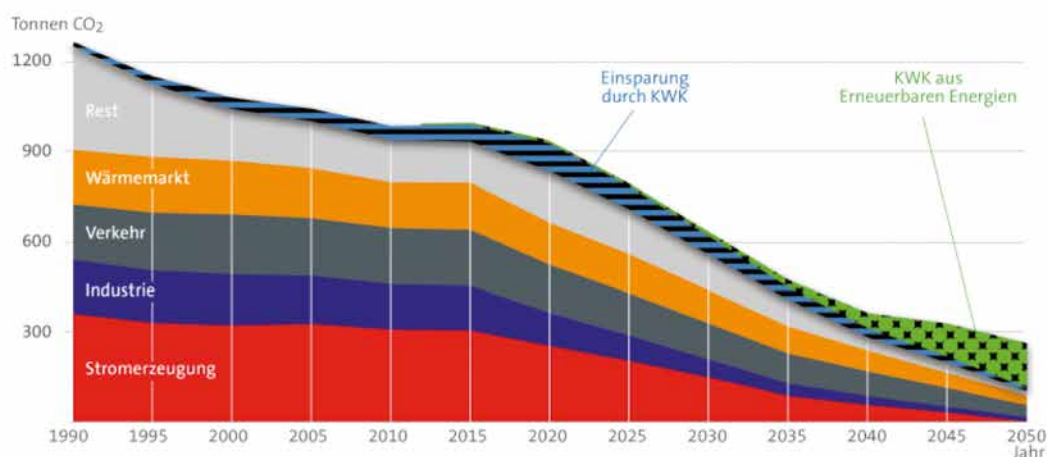
Auf dem Weg zu einer neuen, emissionsarmen Energieversorgung werden die konventionellen Energieträger noch einen wesentlichen Beitrag leisten müssen. Es ist daher von großer Bedeutung, diese Ressourcen sparsam und umweltfreundlich zu verwenden, um bereits heute und in Zukunft möglichst wenig Treibhausgase zu emittieren. Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) leistet hierbei einen wesentlichen Beitrag. Strom und Wärme werden als Koppelprodukte in einer Anlage erzeugt, statt örtlich getrennt in eigenständigen Anlagen. Darüber hinaus ist die Verwendung biogener Brennstoffe ebenfalls möglich. Die Entwicklung synthetischer Gase aus erneuerbaren Energiequellen schreitet voran und wird schon bald dazu führen, dass KWK Anlagen auch Brennstoffe ohne oder mit geringen CO₂-Emissionen verwenden können. Damit liegt die KWK auf dem Zukunftspfad, der Effizienz und Emissionsvermeidung kombiniert.

Auch eine gute Energieberatung ist ein entscheidender Faktor für das Gelingen der Energiewende. Die Energieberater sind die Experten in Bezug auf die Bewertung und Beratung von Effizienz-Maßnahmen, ob nun an der Gebäudehülle oder an der Anlagentechnik. Daher bietet der vorliegende Leitfaden Energieberatern einen verständlichen Überblick rund um das Thema Kraft-Wärme-Kopplung. In kompakter Form werden alle wesentlichen Informationen zur Kraft-Wärme-Kopplung, u. a. technische und ökonomische sowie rechtliche Aspekte näher dargestellt. Entwickelt wurde dieser Leitfaden, um den Energieberatern bei Schulungen das Thema Kraft-Wärme-Kopplung näher zu bringen.

INHALT

Klimaschutzziele	4
Energieeinsparungen durch KWK	5
Wirtschaftlicher Vorteil einer KWK-Anlage	6
Fördermöglichkeiten und gesetzl. Rahmenbedingungen	9
KWK und die EnEV	11
Funktionsweise und Technik	12
Mikro KWK-Geräte	13
Komponenten einer KWK-Anlage	14
Anforderung an die Einbindung eines BHKW	15
Einsatzmöglichkeiten von KWK-Anlagen	16
Fazit	18

Klimaschutz als Ziel: Ein wachsender Anteil der CO₂-Reduktionsziele für Deutschland wird durch Anwendung der KWK erreicht



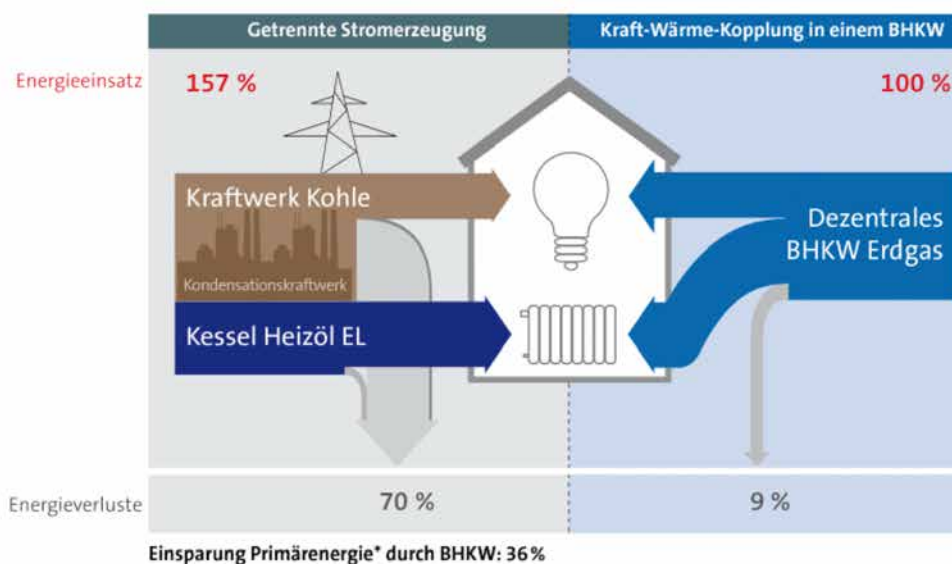
Wichtige Klimaschutzziele der Bundesregierung ?

Bis zum Jahr 2020 sollen erreicht werden:

- Erhöhung der Stromproduktion aus KWK-Anlagen auf 110 Terawattstunden pro Jahr
- Reduktion der Treibhausgasemissionen um 40 % ggü. 1990
- Reduktion des Wärmebedarfs in Gebäuden um 20 % ggü. 2008
- Reduktion des Stromverbrauchs um 10 % ggü. 2008
- Verdoppelung der energetischen Sanierungsrate von 1 % auf 2 %
- Ausstieg aus der Kernenergie bis zum Jahr 2022

Heute schon wird KWK oft mit erneuerbaren Brennstoffen wie Biogas, Klärgas, Bio-Erdgas und Power-to-Gas betrieben

Kraft-Wärme-Kopplung im Vergleich mit getrennter Strom- und Wärmeerzeugung am Beispiel einer Erdgas KWK-Anlage



Warum KWK bei Energieberatungen?

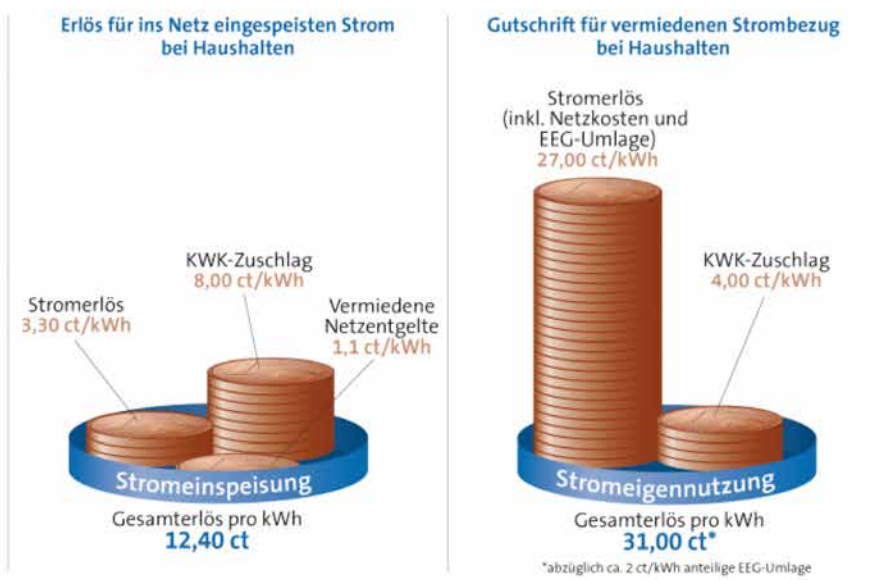
- Primärenergieeinsparung (bis zu 36%)
- hohe Nutzungsgrade (bis zu 90%)
- CO₂-Reduzierung (bis zu 60%)*
- flexibel und steuerbar: Möglichkeit der Bereitstellung von Regelenergie
- erfüllt gesetzliche Anforderungen
- dezentrale und umweltschonende Strom- und Wärmeerzeugung
- hocheffiziente Technologie
- geeignet für Bestand und den Neubau
- Ausgleich der schwankenden regenerativen Energien
- keine Transport- bzw. Netzverluste
- staatliche Förderung

* Bei Erdgaseinsatz in einer KWK-Anlage ggü. getrennter Strom- und Wärmeerzeugung mit Steinkohle und Heizöl EL

Wirtschaftlicher Vorteil einer KWK-Anlage



Bei dezentraler KWK wird dort **Geld eingespart**,
wo sonst der größte Kostenfaktor ist, beim Stromeinkauf!

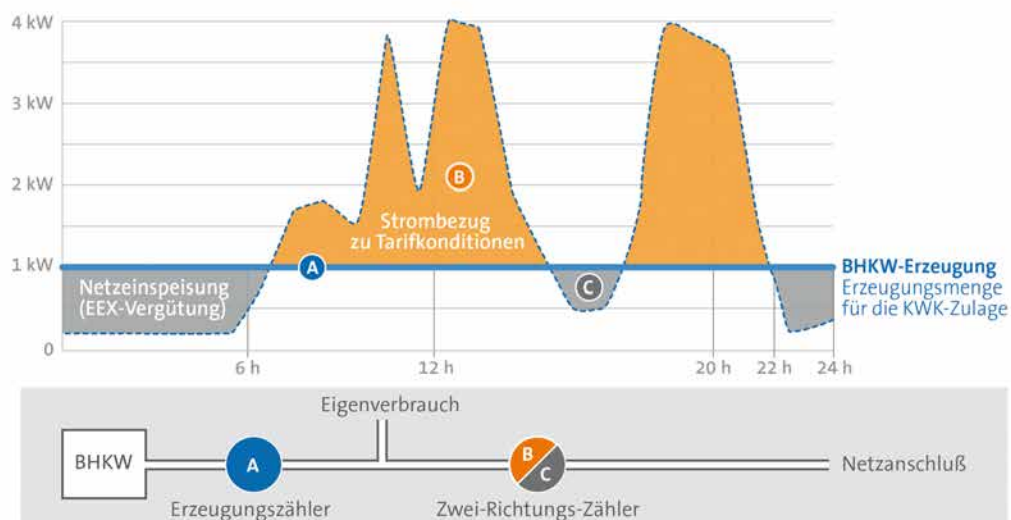


Wirtschaftlicher Vorteil einer KWK-Anlage



KWK-Anlage mit Erzeugungszähler und Zweirichtungszähler,
einer Stromganglinie mit Erzeugungslinie KWK und drei Stromrechnungen

Stromerzeugung und -verbrauch



Wirtschaftlicher Vorteil einer KWK-Anlage



„Verbleib“ des erzeugten Stromes –
Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit*

Der „Wert“ des erzeugten Stromes je kWh (in Ct) bei...	... Einspeisung	... Eigenverbrauch	... Verkauf an Dritte (Mieter)
KWK-Zuschlag	8	4	4
Einspeisevergütung	3,3		
Vermiedene Netznutzungsentgelte (vNNE)	1,1		
vermiedener Strombezug (Netto, inkl. aller Umlagen)		27,0	
Strompreis im Objekt (Netto)			25,0
EEG-Umlage 2016		- 2,2	- 6,354
Gesamt	12,4 Ct/kWh	28,8 Ct/kWh	22,6 Ct/kWh

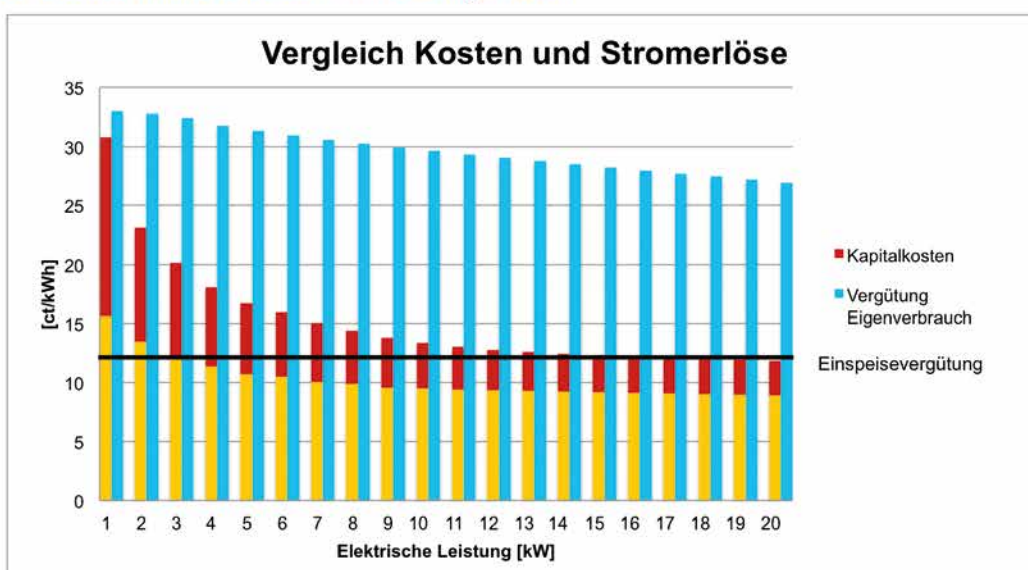
Alle übrigen Erlöse bzw. Aufwendungen zum Betrieb der KWK-Anlage (bei allen Varianten gleich):

- Investitions- und Zinskosten
- Brennstoffkosten / Energiesteuererstattung
- Wartung- / Instandhaltungskosten

Wirtschaftlicher Vorteil einer KWK-Anlage



Vollkosten und Stromerlöse einer KWK-Anlage
bei 5.000 h/a und 20 Jahren Nutzungsdauer



Nützliche Rechentools zur ersten groben Abschätzung der Wirtschaftlichkeit unter:
www.asue.de

DRUCK

Anwendungsbeispiel zu einer 5 kW_{el} KWK-Anlage bei 6.000 h/a

Kosten	Ct/kWh
Brennstoff	23,2
Wartungskosten	4,5
Abschreibung + Zinsen*	5,7
EEG-Umlage**	2,6
Summe	35,9

Erträge***	Ct/kWh
KWK-Zulage (abhängig von Eigenverbrauch/Einspeisung)	4 - 8
Energiesteuerrückerstattung	2,1
Wärmegutschrift	14,9
Summe	21 - 25

*Investitionszuschuss aus dem Mini-KWK-Impulsprogramm mit eingerechnet

**Annahme: 20 % der eigenverbrauchten Strommengen beim Betreiber (35 % EEG-Umlage), die restlichen 80 % bei den Mietern (volle EEG-Umlage)

***Jeweils gewichtet nach den Anteilen Eigenverbrauch und Einspeisung

Erforderlicher Mindestertrag aus
vermiedenem Stromeinkauf

10,9 – 14,9 ct/
kWh

Warum sich auch die kleinen Anlagen rentieren?

- Mikro-KWK-Anlagen können einen großen Teil der elektrischen und thermischen **Energiebedarfs** erzeugen.
- Infrastruktur für Brennstoff und Heizung- sowie Trinkwassererwärmung können in der Regel beibehalten werden.
- Effizientere Nutzung der Energieträger durch gekoppelte Erzeugung (Erdgas, Bio-Erdgas, Flüssiggas etc.)
- Keine Netzverluste, da Strom- und Wärmeerzeugung vor Ort
- Einbindung **regenerativer** Energien grundsätzlich möglich
- Maßgeblich für die Wirtschaftlichkeit sind Eigenstromquote und die jährliche Laufzeit

Jährlich werden ca. 700.000 Heizsysteme installiert, dabei wäre in den meisten Fällen der Einbau einer Mikro-KWK-Anlage möglich.



Gesetzliche Rahmenbedingungen:

- Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)
- Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)
- Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)
- Energiesteuergesetz (EnergieStG)
- Stromsteuergesetz (StromStG)
- Energieeinsparverordnung (EnEV)

Förderinstrumente:

- Mini-KWK-Förderrichtlinie
- KfW-Förderprogramm
- Förderprogramm von Bundesländern und Kommunen
- Förderprogramme einzelner Energieversorgern
- Förderprogramme von Gas- und Stromnetzbetreibern

Treibhausgasemissionen und klimaschädliche fossile Energien minimieren

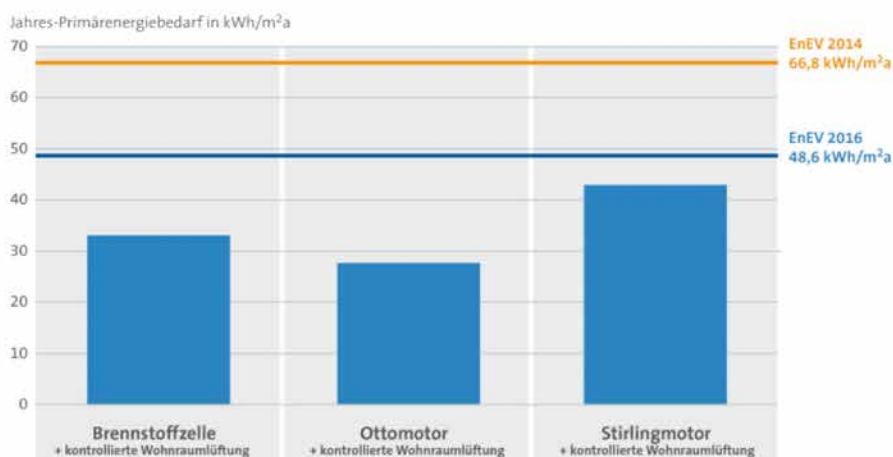


Ziele und Wirkung des KWK-Gesetzes:

- Treibhausgasemissionen und klimaschädliche fossile Energien minimieren
- Anteil der KWK-Stromerzeugung bis zum Jahr 2020 auf 110 Terawattstunden pro Jahr erhöhen, derzeit liegt die KWK bei ca. 96 TWh/a
- Wesentliche Regelungen zur Stromeinspeisung aus KWK-Anlagen
- Förderung der Modernisierung und des Neubaus von KWK-Anlagen
- Berücksichtigung der Brennstoffzelle als neue Technologie
- Förderung des Neu- und Ausbaus von Wärme- und Kältespeichern im Zusammenhang mit KWK-Anlagen
- Förderung von Nah- und Fernwärmenetzen mit KWK-Anlagen

Hohe Primärenergiegutschrift bei der Planung einer KWK-Anlage durch Anrechnung des erzeugten Stroms

Vergleich der EnEV Jahresprimärenergieanforderungen zwischen 2014 und 2016 bei KWK-Anlagen mit kontrollierter Wohnraumlüftung



Erfüllung der **EnEV 2014** mit Gastechnologien weiterhin möglich!

Erfüllung der **EnEV 2016** überwiegend nur durch zusätzliche bauliche und/oder anlagentechnische Maßnahmen möglich (z. B. kontrollierte Wohnraumlüftung)!

- Energieeinsparverordnung (EnEV) ist Teil des **deutschen Baurechts**
- Beinhaltet bautechnische Standardanforderungen zum **effizienten Energieverbrauch**
- **Verluste** bei Erzeugung, Verteilung, Speicherung und Übergabe der Wärme werden berücksichtigt (Anlagenaufwandszahl)
- Nicht mehr die Nutzenergie, sondern die an der Gebäudegrenze übergebene **Endenergie** ist für den **EnEV-Nachweis** relevant
- **Primärenergetische** Bewertung des Energiebedarfs
- Die in der KWK-Anlage erzeugten Strommengen werden auf den Primärenergiebedarf mit dem **Verdrängungsstrommix 2,8** gut geschrieben
- Bestandsbau: wirtschaftliche **Energieeinsparmöglichkeit** gegenüber baulichen Maßnahmen
- Neubau: **Vorteil** im Vergleich zu heiztechnischen Alternativen (elektr. Wärmepumpe Wasser/Sole, Pelletheizung, Lüftungsanlage)
- **25 % Verschärfung** (2016) bei Neubauten in der EnEV kann mit KWK-Anlagen und einem geringen zusätzlichen Aufwand erfüllt werden

Konkretes Rechenbeispiel finden Sie im Anhang: [hier klicken](#)

KWK gibt es von einem Kilowatt bis mehreren hundert Megawatt !!!



Nano-KWK
~1 kW_{el}



Mikro-KWK
2,5 – 15 kW_{el}



Mini-KWK
15 – 50 kW_{el}



Klein-KWK
500 kW_{el}



Groß-KWK
mit GuD-Anlage
300 MW_{el}

Grundprinzip:

- Primärenergie (z.B. Erdgas, Biogas, Kohle, Flüssiggas) wird in einem Prozess in Wärme und Kraft (Elektrizität) umgewandelt
- Zentrale KWK-Anlage:
Dampfturbine- oder eine Gasturbine/GuD-Anlage mit Wärmenutzung z.B. Fernwärme
- Dezentrale KWK-Anlage:
Motor treibt einen Generator an, welcher wiederum Elektrizität erzeugt
- Ausnahme Brennstoffzelle: elektrochemisches Prinzip

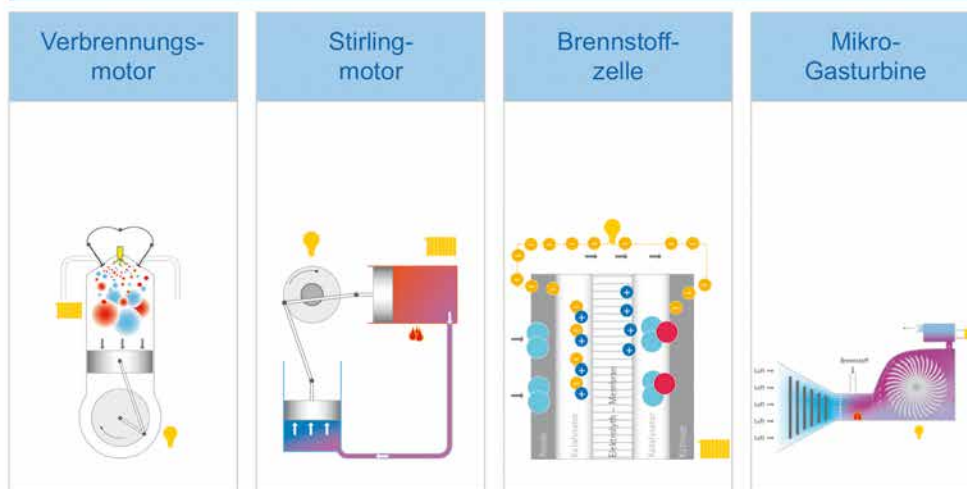
Was bedeutet Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) – Definition?

- Nach § 2 KWK-G: Kraft-Wärme-Kopplung ist die gleichzeitige Umwandlung von eingesetzter Energie in elektrische Energie und in Nutzwärme in einer ortsfesten technischen Anlage. [...]

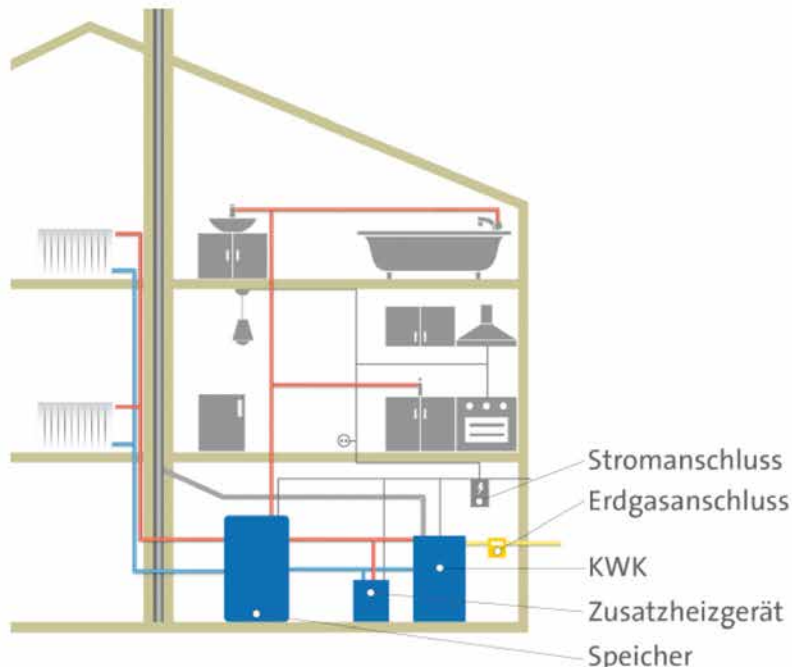
Welche Bauformen von KWK-Anlagen gibt es:

- Zentrales Kraftwerk mit Wärmeauskopplung
- Gasturbine mit Abhitzeessel oder Gas- und Dampfkraftwerke
- Otto- oder Diesel-Motor (interne Verbrennung)
- Stirling-Motor (externe Verbrennung)
- Brennstoffzelle (elektrochemische Umwandlung)

Für Mikro-KWK-Anlagen stehen unterschiedliche Technologien zur Verfügung



Prinzip	Vorteile	Nachteile
Verbrennungsmotor	<ul style="list-style-type: none"> Motor seit über 100 Jahren im Auto bewährt hoher elektrischer Wirkungsgrad (ca. 25-40%) hoher Gesamtwirkungsgrad (ca. 90%) hohe elektrische Leistungen (1 kW bis mehrere MW) viele Brennstoffe möglich 	<ul style="list-style-type: none"> höhere Wartungskosten notwendige Schalldämmung
Stirlingmotor	<ul style="list-style-type: none"> hoher Gesamtwirkungsgrad (ca. 95% möglich) geringe Emissionen geringer Verschleiß weniger Schalldämmung 	<ul style="list-style-type: none"> geringer elektrischer Wirkungsgrad (10 – 15%) geringe Gesamtleistung
Brennstoffzelle	<ul style="list-style-type: none"> hoher elektrischer Wirkungsgrad (bis 60%) kein mechanischen Verluste Elektrochemische Umsetzung geringe Wartung 	<ul style="list-style-type: none"> hohe Investitionskosten Lebensdauer der Zelle derzeit wenig Geräte am Markt verfügbar
Gasturbine	<ul style="list-style-type: none"> Elektrischer Wirkungsgrad 17 – 20 % lange Lebensdauer Wartungsarm 	<ul style="list-style-type: none"> begrenzte Teillastverhalten Geräuschemissionen geringer elektrischer Wirkungsgrad

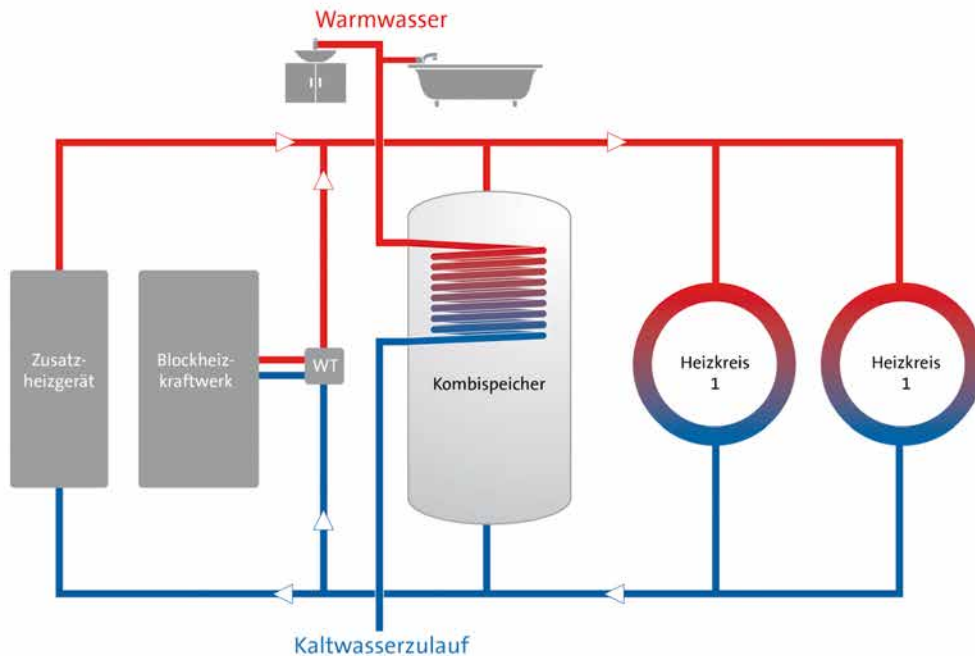


Die wesentlichen Baugruppen einer KWK-Anlage sind:

- Motor, Generator, Heizungswärmetauscher, Abgaswärmetauscher, Abgasführung, Schalldämpfer, Umwälzpumpen, Steuereinheit
- Zusatzheizkessel Extern oder Intern
(für eine bedarfsgerechte Bereitstellung der Wärme, da meist die KWK-Anlage auf die Grundlast im Objekt ausgelegt ist)
- Heizwasser-Pufferspeicher speichert die Wärme und stellt sie flexibel zur Verfügung
- oder Kombispeicher kann Trinkwasser und Heizwasser speichern

Um lange Laufzeiten der KWK-Anlage zu gewährleisten:

- produzierte Wärme sollte sofort verbraucht oder gespeichert werden können
- kleine Bedarfsspitzen sollten aus einem Pufferspeicher heraus gedeckt werden können
- Es sollte sichergestellt sein, dass das Zusatzheizgerät nicht zu häufig angefordert wird
- Ein KWK-Anlage kann zumeist in die bestehende Heizungsanlage integriert werden
- Ein Stromspeicher kann in vielen Fällen wirtschaftlich sein
- Kombination mit PV möglich und sinnvoll



Ab wann lohnt es sich über ein Blockheizkraftwerk nachzudenken:

- jährliche Raumwärmebedarf: mindestens 20.000 kWh
- jährliche Warmwasserbedarf: mindestens 5.000 kWh
- jährliche Eigenstrombedarf: mindestens 5.000 kWh
- ausreichend Platz am Aufstellort und den Zugängen

Anforderung an die hydraulische Einbindung der Anlage:

- Die Wärme der KWK-Anlage muss zuverlässig abgeführt und vollständig genutzt werden
- Um eine sichere Wärmeabfuhr und möglichst viele Betriebsstunden für das BHKW zu gewährleisten, sollte in der Regel ein Heizwasser-Pufferspeicher oder Kombispeicher vorhanden sein.
- Hydraulischer Abgleich empfehlenswert



Einfamilienhaus

Größere Einfamilienhäuser ·
Mehrfamilienhäuser · Größere Mehrfamilienhäuser



Wohnsiedlungen

Nahwärme · Quartierslösungen · Fernwärme



Industrie und Gewerbe

Supermärkte · Bäckereien · Metzgereien · Kaufhäuser ·
Hotels und Gaststätten · Brauereien · Molkereien



Öffentliche Einrichtungen

Schwimmbäder · Sportstätten · Krankenhäuser · Altenheime ·
Bildungseinrichtungen · Verwaltungsgebäude

Einfamilienhaus

Voraussetzung: ausreichender Wärmebedarf, Strombedarf, gewisse Sommerlast,
bei unterschiedliche Nutzungsprofile > Wärmespeicher

Wohnsiedlungen

degressive Kosten und **höhere Wirtschaftlichkeit** durch
größere Einheiten, kurze Wege zum (Nahwärmenutzung) Verbraucher,
Minimierung der elektrischen Verluste

Industrie und Gewerbe

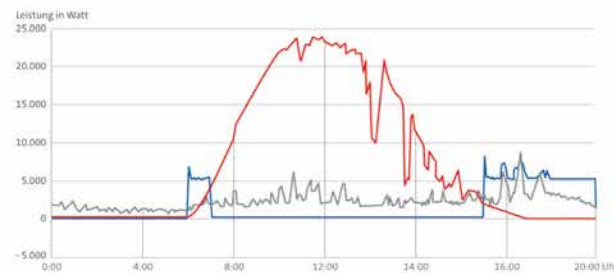
Wirtschaftlichkeit bei kontinuierlichen Strom- und Wärmeabsatz,
mögliche Kälteerzeugung aus Abwärme (z.B. Lebensmittelmärkte, Rechenzentren, Hotel)

Öffentliche Einrichtungen

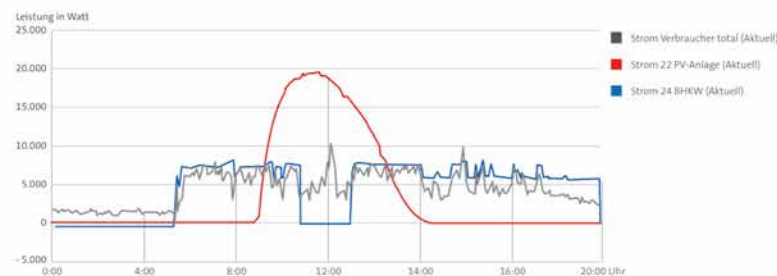
Ideal für Contracting-Lösungen, Einbeziehung in einen Wärmeverbund,
möglicher höherer Eigenstrombedarf, Straßenbeleuchtung, Wasserwerke

KWK-Anlage mit Ergänzung einer PV-Anlage zu den verschiedenen Jahreszeiten Lastgang eines Mehrfamilienhauses mit KWK- und PV-Anlage zur größtmöglichen Eigenstromdeckung

Sommertag



Wintertag



KWK- und Photovoltaikanlage ergänzen sich optimal.
Anteil der Eigenstromversorgungsquote wird durch „Hybridstrom“ erhöht.



- **Sommer**
Photovoltaikanlage: erzeugt tagsüber Strom
KWK-Anlage: läuft in den Morgen- und Abendstunden
(Wärme wird in Pufferspeichern eingelagert, steht dadurch durchgehend zur Verfügung)
- **Winter**
BHKW hat tagsüber eine längere Laufzeit,
schaltet aber dennoch ab, wenn der PV-Ertrag zur Eigenstromdeckung ausreicht.
- In den Nachtstunden ist aufgrund eines nur geringen Strombedarfs kein wirtschaftlicher BHKW-Betrieb möglich. Über feste „Sperrzeiten“ wird ein BHKW-Betrieb verhindert.
- Die meisten BHKWs arbeiten mit einer Leistungsmodulation, die sich am momentanen Strombedarf orientieren kann.
- Betriebsweise: „Strombedarfsgeführt mit Wärmebedarfsdeckelung.“

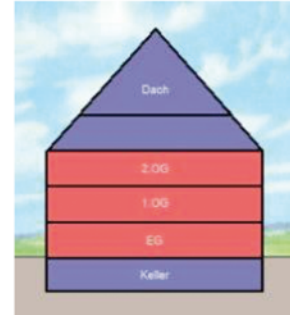
KWK-Anlagen

- sind technisch ausgereift
- können bis zu 60 % CO₂- Emissionen einsparen
- können bis zu 36 % Primärenergie einsparen
- haben einen deutlichen energetische Vorteil ggü. der konventionellen Erzeugung
- leisten einen wichtigen Beitrag zu den Klimaschutzzielen
- Erfüllen die gesetzliche Anforderungen
- Tragen zur Flexibilisierung des Stromnetzes bei
- sind wirtschaftliche hoch interessant

Gebäudeenergiebilanz im Vergleich ohne / mit KWK

- Neubau Mehrfamilienhaus 6 WE
- Wohnfläche: 562 m² / Nutzfläche: 674 m² / Ve 2.108 m³
- 3 Vollgeschosse, voll unterkellert, Dach nicht genutzt
- U-Werte:
 - OGD: 0,17 W/m²K
 - Außenwand: 0,22 W/m²K
 - Kellerdecke: 0,30 W/m²K
 - Fenster: 1,20 W/m²K
- zentrale Warmwasserbereitung mit Zirkulation
- Heizungsregelung / Dämmung / Verteilung / Speicherung alles EnEV-gerecht

- zulässige Höchstwerte gem. Anforderungen EnEV 2016:
 - Transmissionswärmeverlust H: 0,40 W/m²K
 - Jahres-Primärenergiebedarf q_p: 42,48 kWh/m²
- tatsächlicher Transmissionswärmeverlust: 0,35 W/m²K 
- Primärenergiebedarf ? 



Bildquellen: Hottgenroth Software

Variante ohne KWK

- Brennwert-Kessel 30 kW (ohne Solaranlage)

Variante mit KWK

- Mini-BHKW 5,5 kW el. / 13,4 kW th. / f_p = 0,56
- Spitzenlastkessel: 20 kW
- Deckungsanteil KWK für Heizung: 87 %
- Deckungsanteil KWK für Trinkwarmwasser: 100 %

Rechenbeispiel EnEV 2016



ohne KWK

mit KWK

Ergebnisse Heizung (Wärmebedarf Q_h : 25.316 kWh/a, q_h : 37,54 kWh/m²a)

WÄRME (WE)		Rechenvorschrift/Quelle	Dimension			
q_h	Heizwärmebedarf		kWh/m ² a		37,54	
$q_{h,TW}$	aus Berechnungsblatt Trinkwasser		kWh/m ² a		1,75	
$q_{h,L}$	aus Berechnungsblatt Lüftung		kWh/m ² a	-	-	
$q_{L,e}$	Verluste Übergabe		kWh/m ² a		1,10	
$q_{L,v}$	Verluste Verteilung		kWh/m ² a	+	2,61	
q_s	Verluste Speicherung		kWh/m ² a		-	
Σ	$(q_h + q_{h,TW} - q_{h,L} + q_{L,e} + q_{L,v} + q_s)$		kWh/m ² a		39,49	
				Erzeuger	Erzeuger	Erzeuger
				1	2	3
α_g	Wärmeerzeuger-Deckungsanteil		%	100,00		
e_g	Wärmeerzeuger-Aufwandszahl			0,98		
$q_{E,e}$	$\Sigma q \times (e_{g,i} \times \eta_{g,i})$		kWh/m ² a		38,58	
f_p	Primärenergiefaktor			-	1,10	
q_p	$\Sigma q_{E,e} \times f_p$		kWh/m ² a		42,43	

38,58 kWh/m²a Endenergie

42,43 kWh/m²a Primärenergie

WÄRME (WE)		Rechenvorschrift/Quelle	Dimension			
q_h	Heizwärmebedarf		kWh/m ² a		37,54	
$q_{h,TW}$	aus Berechnungsblatt Trinkwasser		kWh/m ² a		1,75	
$q_{h,L}$	aus Berechnungsblatt Lüftung		kWh/m ² a	-	-	
$q_{L,e}$	Verluste Übergabe		kWh/m ² a		1,10	
$q_{L,v}$	Verluste Verteilung		kWh/m ² a	+	2,61	
q_s	Verluste Speicherung		kWh/m ² a		0,74	
Σ	$(q_h + q_{h,TW} - q_{h,L} + q_{L,e} + q_{L,v} + q_s)$		kWh/m ² a		40,24	
				Erzeuger	Erzeuger	Erzeuger
				1	2	3
α_g	Wärmeerzeuger-Deckungsanteil		%	87,00	13,00	
e_g	Wärmeerzeuger-Aufwandszahl			1,01	1,10	
$q_{E,e}$	$\Sigma q \times (e_{g,i} \times \eta_{g,i})$		kWh/m ² a		35,36	5,77
f_p	Primärenergiefaktor			-	0,56	1,10
q_p	$\Sigma q_{E,e} \times f_p$		kWh/m ² a		19,80	6,35

41,13 kWh/m²a Endenergie

26,15 kWh/m²a Primärenergie

Rechenbeispiel EnEV 2016



ohne KWK

mit KWK

Ergebnisse Heizung (Wärmebedarf Q_h : 25.316 kWh/a, q_h : 37,54 kWh/m²a)

HILFSENERGIE (HE)		Rechenvorschrift / Quelle	Dimension			
$q_{E,e,HE}$	Hilfsenergie Übergabe		kWh/m ² a		-	
$q_{L,HE}$	Hilfsenergie Verteilung		kWh/m ² a	+	0,49	
$q_{s,HE}$	Hilfsenergie Speicherung		kWh/m ² a		-	
				Erzeuger	Erzeuger	Erzeuger
				1	2	3
α_g	Wärmeerzeuger-Deckungsanteil		%	100,00		
$q_{E,e,HE}$	Hilfsenergie Erzeugung		kWh/m ² a		0,34	
$\alpha \times q_{E,e,HE}$			kWh/m ² a		0,34	
$\Sigma q_{HE,e}$	$(q_{E,e,HE} + q_{L,HE} + q_{s,HE} + \alpha \times q_{E,e,HE})$		kWh/m ² a		0,83	
f_p	Primärenergiefaktor			-	1,80	
$q_{HE,p}$	$\Sigma q_{HE,e} \times f_p$		kWh/m ² a		1,49	

0,83 kWh/m²a Endenergie

1,49 kWh/m²a Primärenergie

HILFSENERGIE (HE)		Rechenvorschrift / Quelle	Dimension			
$q_{E,e,HE}$	Hilfsenergie Übergabe		kWh/m ² a		-	
$q_{L,HE}$	Hilfsenergie Verteilung		kWh/m ² a	+	0,49	
$q_{s,HE}$	Hilfsenergie Speicherung		kWh/m ² a		0,13	
				Erzeuger	Erzeuger	Erzeuger
				1	2	3
α_g	Wärmeerzeuger-Deckungsanteil		%	87,00	13,00	
$q_{E,e,HE}$	Hilfsenergie Erzeugung		kWh/m ² a		-	0,04
$\alpha \times q_{E,e,HE}$			kWh/m ² a		-	0,00
$\Sigma q_{HE,e}$	$(q_{E,e,HE} + q_{L,HE} + q_{s,HE} + \alpha \times q_{E,e,HE})$		kWh/m ² a		0,83	
f_p	Primärenergiefaktor			-	1,80	
$q_{HE,p}$	$\Sigma q_{HE,e} \times f_p$		kWh/m ² a		1,13	

0,63 kWh/m²a Endenergie

1,13 kWh/m²a Primärenergie

Rechenbeispiel EnEV 2016



ohne KWK

mit KWK

Ergebnisse Heizung (Wärmebedarf Q_h : 25.316 kWh/a, q_h : 37,54 kWh/m²a)

WÄRME	26017	kWh/a	ENDENERGIE
HILFS-ENERGIE	559	kWh/a	
	29624	kWh/a	PRIMÄRENERGIE

WÄRME	27737	kWh/a	ENDENERGIE
HILFS-ENERGIE	423	kWh/a	
	18397	kWh/a	PRIMÄRENERGIE

Rechenbeispiel EnEV 2016



ohne KWK

mit KWK

Ergebnisse TW-Erwärmung (Wärmebedarf Q_{TW} : 8.430 kWh/a, q_{TW} : 12,50 kWh/m²a)

WÄRME (WE)		Rechenvorschrift/Quelle	Dimension		
Q_{TW}	Trinkwasser-Wärmebedarf		kWh/m ² a		12,50
$Q_{TW,oe}$	Verluste Übergabe		kWh/m ² a		-
$Q_{TW,el}$	Verluste Verteilung		kWh/m ² a		6,74
$Q_{TW,s}$	Verluste Speicherung		kWh/m ² a		1,50
Σ	$(Q_{TW} + Q_{TW,oe} + Q_{TW,el} + Q_{TW,s})$		kWh/m ² a		20,75

	Erzeuger	Erzeuger	Erzeuger
	1	2	3
$\alpha_{TW,g}$	Wärmeerzeuger-Deckungsanteil	-	100,00 %
$e_{TW,g}$	Wärmeerzeuger-Aufwandszahl	-	1,08

	Erzeuger	Erzeuger	Erzeuger
	1	2	3
$Q_{TW,E}$	$\Sigma Q_{TW,i} \cdot (\alpha_{TW,g,i} \cdot e_{TW,g,i})$	kWh/m ² a	22,32
$f_{PE,1}$	Primärenergiefaktor	-	1,10
$Q_{TW,P}$	$\Sigma Q_{TW,i} \cdot f_{PE,i}$	kWh/m ² a	24,55

22,32 kWh/m²a Endenergie

24,55 kWh/m²a Primärenergie

WÄRME (WE)		Rechenvorschrift/Quelle	Dimension		
Q_{TW}	Trinkwasser-Wärmebedarf		kWh/m ² a		12,50
$Q_{TW,oe}$	Verluste Übergabe		kWh/m ² a		-
$Q_{TW,el}$	Verluste Verteilung		kWh/m ² a		6,74
$Q_{TW,s}$	Verluste Speicherung		kWh/m ² a		1,50
Σ	$(Q_{TW} + Q_{TW,oe} + Q_{TW,el} + Q_{TW,s})$		kWh/m ² a		20,75

	Erzeuger	Erzeuger	Erzeuger
	1	2	3
$\alpha_{TW,g}$	Wärmeerzeuger-Deckungsanteil	-	100,00 %
$e_{TW,g}$	Wärmeerzeuger-Aufwandszahl	-	1,14

	Erzeuger	Erzeuger	Erzeuger
	1	2	3
$Q_{TW,E}$	$\Sigma Q_{TW,i} \cdot (\alpha_{TW,g,i} \cdot e_{TW,g,i})$	kWh/m ² a	23,65
$f_{PE,1}$	Primärenergiefaktor	-	0,56
$Q_{TW,P}$	$\Sigma Q_{TW,i} \cdot f_{PE,i}$	kWh/m ² a	13,24

23,65 kWh/m²a Endenergie

13,24 kWh/m²a Primärenergie

Rechenbeispiel EnEV 2016



ohne KWK

mit KWK

Ergebnisse TW-Erwärmung (Wärmebedarf Q_{TW} : 8.430 kWh/a, q_{TW} : 12,50 kWh/m²a)

HILFSENERGIE (HE)			
(Strom)	Rechenvorschrift / Quelle	Dimension	
$Q_{TW,GE,HE}$	Hilfsenergie Übergabe	kWh/m ² a	-
$Q_{TW,VE,HE}$	Hilfsenergie Verteilung	kWh/m ² a	+
$Q_{TW,SE,HE}$	Hilfsenergie Speicherung	kWh/m ² a	0,06
			0,28
			Erzeuger
			1 2 3
$Q_{TW,G}$	Wärmeerzeuger-Deckungsanteil	-	100,00 %
$Q_{TW,G,HE}$	Hilfsenergie Erzeugung	kWh/m ² a	0,18
$\alpha \times Q_{G,HE}$		kWh/m ² a	0,18
			0,53
$\Sigma Q_{TW,HE,E}$	$(Q_{TW,GE,HE} + Q_{TW,VE,HE} + Q_{TW,SE,HE} + \Sigma \alpha Q_{G,HE})$	kWh/m ² a	0,53
f_p	Primärenergiefaktor	-	1,80
$Q_{TW,HE,P}$	$\Sigma Q_{TW,HE,E} \times f_p$	kWh/m ² a	0,95

0,53 kWh/m²a Endenergie

0,95 kWh/m²a Primärenergie

HILFSENERGIE (HE)			
(Strom)	Rechenvorschrift / Quelle	Dimension	
$Q_{TW,GE,HE}$	Hilfsenergie Übergabe	kWh/m ² a	-
$Q_{TW,VE,HE}$	Hilfsenergie Verteilung	kWh/m ² a	+
$Q_{TW,SE,HE}$	Hilfsenergie Speicherung	kWh/m ² a	0,04
			0,28
			Erzeuger
			1 2 3
$Q_{TW,G}$	Wärmeerzeuger-Deckungsanteil	-	100,00 %
$Q_{TW,G,HE}$	Hilfsenergie Erzeugung	kWh/m ² a	0,40
$\alpha \times Q_{G,HE}$		kWh/m ² a	0,40
			0,72
$\Sigma Q_{TW,HE,E}$	$(Q_{TW,GE,HE} + Q_{TW,VE,HE} + Q_{TW,SE,HE} + \Sigma \alpha Q_{G,HE})$	kWh/m ² a	0,72
f_p	Primärenergiefaktor	-	1,80
$Q_{TW,HE,P}$	$\Sigma Q_{TW,HE,E} \times f_p$	kWh/m ² a	1,30

0,72 kWh/m²a Endenergie

1,30 kWh/m²a Primärenergie

Rechenbeispiel EnEV 2016



ohne KWK

mit KWK

Ergebnisse TW-Erwärmung (Wärmebedarf Q_{TW} : 8.430 kWh/a, q_{TW} : 12,50 kWh/m²a)

WÄRME	15052 kWh/a	ENDENERGIE
HILFS-ENERGIE	355 kWh/a	
	17196 kWh/a	PRIMÄRENERGIE

WÄRME	15950 kWh/a	ENDENERGIE
HILFS-ENERGIE	487 kWh/a	
	9809 kWh/a	PRIMÄRENERGIE

Rechenbeispiel EnEV 2016



ohne KWK

mit KWK

Ergebnisse

ENDENERGIE	$Q_E =$	41069	kWh/a
		913	kWh/a
PRIMÄRENERGIE	$Q_P =$	46820	kWh/a
	$q_P =$	69,42	kWh/m ² a
ANLAGEN-AUFWANDSZAHL	$e_P =$	1,39	[-]

ENDENERGIE	$Q_E =$	43687	kWh/a
		910	kWh/a
PRIMÄRENERGIE	$Q_P =$	28205	kWh/a
	$q_P =$	41,82	kWh/m ² a
ANLAGEN-AUFWANDSZAHL	$e_P =$	0,84	[-]

Anforderungswert q_P : 42,48 kWh/m²a

- EnEV-Anforderung nicht erfüllt ❌
- EEWärmeG nicht erfüllt ❌

- EnEV-Anforderung erfüllt ✔
- EEWärmeG erfüllt ✔
(Ersatzmaßnahme mind. 50 % KWK)

Zurück zur Präsentation: [hier klicken](#)

Kraft-Wärme-Kopplung – der Umwelt und dem Geldbeutel zuliebe



www.asue.de



www.bkwk.de



www.bhkw-forum.info

Herausgeber

ASUE - Arbeitsgemeinschaft für
sparsamen und umweltfreund-
lichen Energieverbrauch e.V.
Robert-Koch-Platz 4
10115 Berlin

ASUE Die ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (www.asue.de) wurde 1977 gegründet. Sie fördert vor allem die Weiterentwicklung und weitere Verbreitung sparsamer und umweltschonender Technologien auf Erdgasbasis. Dabei ist es vorrangiges Ziel, Energiespartechniken den Weg in die praktische Anwendung zu ebnen. Die ASUE richtet sich mit technischwissenschaftlichen Veröffentlichungen und Vortragsveranstaltungen an öffentliche Entscheidungsträger, Planer, Architekten und Fachunternehmen. www.asue.de

B.KWK Der Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V. (nachfolgend B.KWK) ist eine branchenübergreifende Initiative von Herstellern, Betreibern und Planern von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen aller Größen und Brennstoffe, von Energieversorgern, wissenschaftlichen Instituten und verschiedensten Unternehmen der Energie- und Finanzdienstleistung, Beratung usw. sowie Einzelpersonen. Gemeinsam wird das Ziel verfolgt, die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) im Rahmen eines breiten gesellschaftlichen Bündnisses in Deutschland voranzubringen und die damit verbundenen Chancen für Wirtschaft und Umwelt als natürlicher Partner zu den erneuerbaren Energien zu nutzen.

BHKW-Forum Das BHKW-Forum ist ein seit 2004 bestehender Zusammenschluss von Betreibern stromerzeugender Heizungen in Wohnhäusern und kleinen Gewerbeobjekten. Zielsetzung des BHKW-Forum e.V. ist die Information, Wissensvermittlung und Verbraucherberatung hinsichtlich der umweltfreundlichen Kraft-Wärme-Kopplung in Mikro-Blockheizkraftwerken. Dabei verfolgt der Verein BHKW-Forum ausschließlich gemeinnützige Zwecke und handelt im Sinne des Verbraucher- und Umweltschutzes unabhängig von Anbietern sowie deren Interessen.

