

## STROM-WÄRME-HYBRID

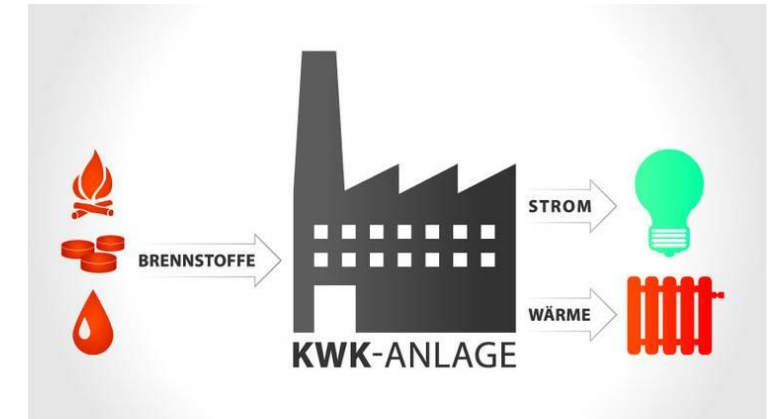
## Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen

Gasturbinen und Stirlingmotoren

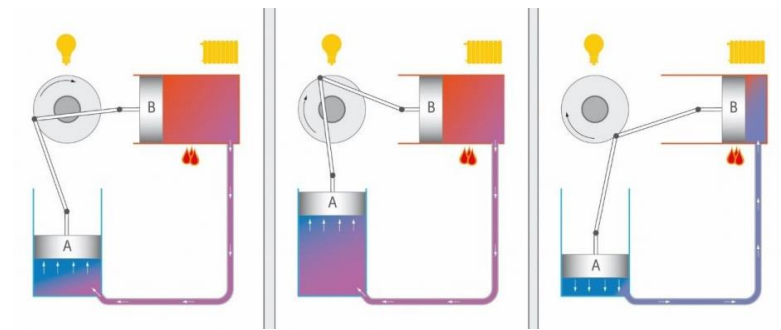
FUNKTIONSWEISE

Anlagen zur **Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)** erzeugen gleichzeitig **Strom und Wärme**. Die Verbrennungskraftmaschine treibt einen Generator an und stellt dadurch **elektrischen Strom** zur Verfügung. Die **Abwärme**, welche in der Maschine anfällt, wird über einen **Wärmetauscher** für Heizzwecke oder die Trinkwassererwärmung verwendet.

Neben den weit verbreiteten BHKW werden auch Technologien wie zum Beispiel **Stirlingmotoren** oder **Gasturbinen eingesetzt**. Der Stirlingmotor besteht aus einer hermetisch abgeschlossenen Kammer. In dieser befindet sich ein **Arbeitsgas**, das im Betrieb **abwechselnd erhitzt und gekühlt** wird. Die dabei entstehende Volumenänderung treibt je nach Bauart einen oder zwei Kolben an. Die mechanische Energie wird auf einen Generator übertragen und es entsteht **Strom**. Gleichzeitig wird die entstehende **Abwärme zurückgewonnen** und für das Heizungssystem genutzt. Bei **Gasturbinen** steht praktisch die gesamte **Abwärme** auf hohem Temperaturniveau zur Verfügung, weshalb sie sich in besonderem Maße für Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen zur Dampferzeugung eignen. Dazu wird der eigentlichen Gasturbine üblicherweise ein Abhitze-Dampfkessel nachgeschaltet, in dem die Abgase ausgekühlt werden.



<https://www.haustec.de/fachbegriffe/kraft-waerme-kaelte-kopplung>



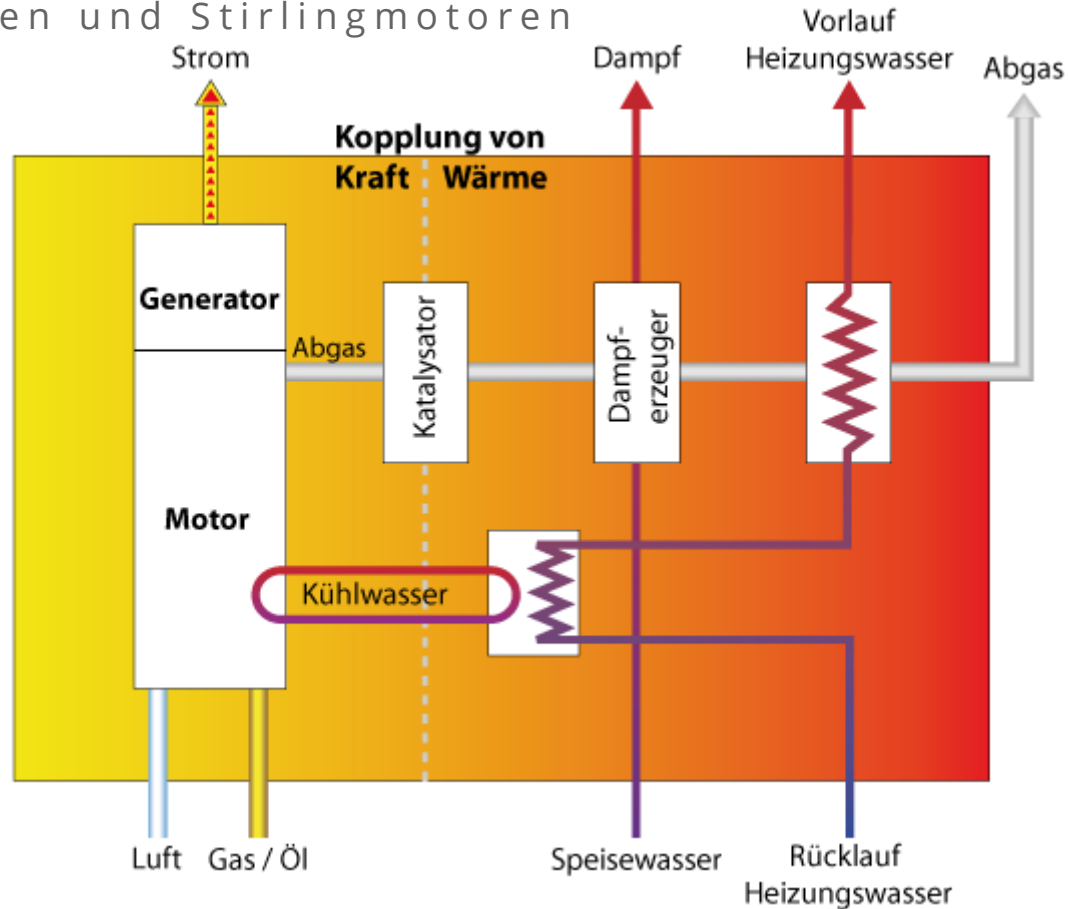
Funktionsweise des Stirlingmotors in KWK-Anlagen

<https://www.bhkw-infozentrum.de/wp-content/uploads/2020/05/stirlingmotor-asue-1024x660.jpg>

# STROM-WÄRME-HYBRID

## Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen

Gasturbinen und Stirlingmotoren



Bildquellen:

[https://www.bhkwi-zentrum.de/images/kwk\\_prinzip.png](https://www.bhkwi-zentrum.de/images/kwk_prinzip.png)

### VORTEILE

- Hohes Maß an Umweltverträglichkeit
- Vielseitige Einsatzmöglichkeiten in dezentralen Einheiten
- Stirlingmotoren: vielseitige Antriebstechnik (mit Sonnenenergie, fossile und erneuerbare Energieträger)
- Stirlingmotor: Flexibilität der möglichen Wärmequelle
- Deutliche Reduzierung der Schadstoffemissionen
- Bereits installierte Heizkörper müssen nicht ersetzt werden

### NACHTEILE

- Großteil der derzeit eingesetzten Energieträger fossilen Ursprunges
- Erst ab einem bestimmten Wärme- und Strombedarf wirtschaftlich
- Stirlingmotor: vergleichsweise niedrige elektrische Wirkungsgrade

# STROM-WÄRME-HYBRID

## Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen

Technische Merkmale			
<b>Wirkungsgrade<sup>2</sup></b> <input type="checkbox"/> Stirlingmotor	<input type="checkbox"/> Warmseitig: 70% <input type="checkbox"/> Elektrischer Wirkungsgrad: <15%	<b>Thermische Leistung<sup>6,7</sup></b>	<input type="checkbox"/> Stirling: z.B. 3,0-6,0 kW <sub>th</sub> bei Bedarf mit einem Gas-Brennwertgerät erweiterbar <input type="checkbox"/> Gasturbine: 5,0 bis 14,4 kW <sub>th</sub>
<input type="checkbox"/> Gasturbinen <sup>4</sup>	<input type="checkbox"/> Gesamtwirkungsgrad 85% <input type="checkbox"/> Elektrischer Wirkungsgrad 25%-28% <input type="checkbox"/> Thermischer Wirkungsgrad: 65%		
<b>Elektrische Leistung<sup>5,7</sup></b>	<input type="checkbox"/> Gasturbinen KWK: <500kW <sub>el</sub> =Mikrogasturbinen <input type="checkbox"/> Gasturbinen: kommerziell 1,0 bis 3,0 kW <sub>el</sub> <input type="checkbox"/> Stirling: kommerziell genutzte KWK Module bis zu 1 kW <sub>el</sub>	<b>Technische Lebensdauer<sup>8</sup></b>	<input type="checkbox"/> ca. 20a
Kosten (Nettopreise)			
<b>Investitionskosten<sup>3</sup></b>	<input type="checkbox"/> Allgemein ca: 1.700 € bis 2.000€ pro kW <sub>el</sub> <input type="checkbox"/> Stirling <sup>7</sup> : 11.000-15.000€ pro kW <sub>el</sub>	<b>Stromeinspeisevergütung<sup>6</sup></b>	Ca. 0,04-0,05 €/kWh
<b>Wartungskosten<sup>1</sup></b>	Ca. 0,02 bis 0,03 €/kWh (Anlagen mit Stirlingmotoren effizienter)	<b>Generalüberholung<sup>3</sup></b>	<input type="checkbox"/> Nach rund 25.000 Betriebsstunden ca. 500 € (0,02€/h)

# QUELLEN



- <sup>1</sup><https://www.blockheizkraftwerk.org/kosten>
- <sup>2</sup><https://heizung.de/bhkw/wissen/so-funktioniert-ein-bhkw-mit-stirlingmotor/>
- <sup>3</sup><https://www.heizsparer.de/heizung/heizungssysteme/bhkw/bhkw-kosten>
- <sup>4</sup><https://www.baunetzwissen.de/heizung/fachwissen/kraft-waerme-kopplung/mikrogasturbinen-bhkw-161432>
- <sup>5</sup><https://www.bayern-innovativ.de/seite/ueberblick-kraft-waerme-kopplung>
- <sup>6</sup><http://www.bhkw-prinz.de/senertec-dachs-stirling-se-mikro-kwk/1812>
- <sup>7</sup><https://www.energie-experten.org/heizung/blockheizkraftwerk-bhkw/mini-bhkw>
- <sup>8</sup><https://www.net4energy.com/de-de/heizen/blockheizkraftwerk-lebensdauer>
- <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/blockheizkraftwerk-kraft-waerme-kopplung/bhkw-kwk-einfuehrung-uebersicht/>
- <https://www.baunetzwissen.de/heizung/fachwissen/kraft-waerme-kopplung/mikrogasturbinen-bhkw-161432>