



ASUE

Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

KWKK – Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Kraft, Wärme und Kälte aus einer Anlage



Inhalt

1 Einführung	3
2 Technologien und Verfahren Effizienter Zusammenschluss von Prozessen Wärmequellen aus der Stromerzeugung KWKK-Anlagen für jede Anwendung	4
3 Wärme als Antrieb Der thermische Verdichter Sorption, Adsorption, Absorption	6
4 Anwendungen der KWKK-Technologie Lebensmittelgroß- und Einzelhandel Verwaltungs- und Bürogebäude: Arbeitsräume Industrie, Prozesse, Mittelstand	8
5 Kosten und Wirtschaftlichkeit	11
6 Fördermöglichkeiten	13
7 Projekte und Anlagenbau mit KWKK	14
Informationsmaterial	15



1 KWKK: Kraft, Wärme und Kälte aus einer Anlage

Breite Einsatzfelder für elegant gelöste Energiezentralen

Die gleichzeitige Erzeugung von Strom, Wärme und Kälte bietet ein Potenzial, Synergien für einen effizienten Ressourceneinsatz zu schaffen. Mit dem ganzjährigen Bedarf an allen drei Energieprodukten können gebündelte Anlagen mit Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK oder Trigeneration) an vielen Standorten zu einer wirtschaftlichen und ressourcenschonenden Alternative gegenüber getrennten Systemen werden.

In der Gebäudetechnik und in vielen Industriebetrieben wird neben Wärme auch Kälte benötigt. So müssen z. B. Arbeitsräume auf angenehme Temperaturen, Produktionsmaschinen auf Betriebstemperatur und chemische Prozesse zum Beenden unter eine definierte Reaktionstemperatur gebracht werden. Dadurch erstrecken sich die KWKK-Anwendungen von Klima- und Kältetechnik in Büros oder Wohngebäuden über Kühlung von Lebensmitteln bis hin zu industrieller Prozesskälte.

Auf dem Weg zur Energie- und Wärmewende

Die sektorenübergreifende Steigerung der energetischen Effizienz im Betrieb von Gebäuden und Industriebetrieben aller Art wird zur Reduktion der CO₂-Emissionen vorangetrieben. In 2016 hatten Haushalte einen Anteil von 26,2 % oder 665 TWh und Industrie und Gewerbe zusammen einen Anteil von 44,4 % oder 1.128 TWh am Endenergieverbrauch in Deutschland. Während die restlichen 29,4 % oder 749 TWh vom Verkehrssektor verbraucht werden, werden 70,6 % des gesamten, deutschen Endenergieverbrauchs in stationären Anlagen verursacht.

In vielen Industrieunternehmen werden kältetechnische Erzeugungsanlagen nachgerüstet, was meistens zu wenig effizienten Lösungen bei hohen Energiekosten führt. Dazu gefährden diese zumeist elektrischen Kälteerzeuger bei steigenden Stromkosten die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens.

Auch in Wohn-, Büro und Gesundheitsimmobilien erfordern höhere Anforderungen an den Wohnkomfort eine eigene Klimatechnik – diese ist ohne ein wirtschaftliches Konzept, welches die KWKK einbezieht, kaum zu bezahlen.

Diese Broschüre soll zeigen, wie der Endenergieverbrauch mit intelligentem Einsatz der gekoppelten Erzeugung von Strom, Wärme und Kälte deutlich reduziert werden kann und welche Technologien dazu bereit stehen.



2 KWKK: Technologie und Verfahren

Bei der Verbrennung eines Treibstoffes in einer Kraftmaschine wird neben Nutzenergie oder Strom immer ein Teil der eingesetzten Energie in Wärme umgesetzt.

Bei wärmegeführten Einsätzen, also in einer sog. „Stromerzeugenden Heizung“, wird die Wärme möglichst komplett zur Beheizung genutzt und der Strom kann entweder selbst verbraucht oder gegen Vergütung ins Netz eingespeist werden. Ist der Strom im Betrieb die Zielgröße oder ergibt sich im Sommer ein nur geringer Wärmebedarf, müssen Arbeit oder Leistung der Anlage reduziert werden.

So kann die geschickte Nutzung der Wärme in einer Kältemaschine eine sinnvolle Lösung sein, die obendrein die Laufzeit einer KWK-Anlage verlängert und damit deren Wirtschaftlichkeit verbessert.

Effizienter Zusammenschluss von Prozessen

Der Wirkungsgrad von Verbrennungskraftmaschinen in der Kraft-Wärme-Kopplung setzt sich aus einem elektrischen (η_{el}) und einem thermischen (η_{th}) Wirkungsgrad zusammen. In KWK-Anlagen werden durch die gleichzeitige Nutzung der Energieformen Gesamtwirkungsgrade (η_{ges}) über 90 % erreicht und dadurch Maßstäbe in der Effizienz der Treibstoffnutzung gesetzt. Über den Einsatz einer Kälteanlage kann die vollständige Nutzung der Abwärme einer KWK-Anlage und damit ihr herausragender η_{ges} gesichert werden.

asue.de
>Blockheiz-
kraftwerke
>Broschüren
>FactSheet



Wärmequellen aus der Stromerzeugung

Die zunächst widersprüchlich klingende Umwandlung von Wärme in Kälte wird mit Hilfe eines thermischen Kompressors, der in der Regel auf Basis der Abwärme einer KWK-Anlage aufbaut, hergestellt. Blockheizkraftwerke (BHKW), Gasmotorwärmepumpen (GMWP) und Gasturbinen (GT) bieten entsprechend nutzbare Wärmeströme in einem Temperaturniveau von 120...250 °C an, die zum größten Teil über das jeweilige Abgas ausgetragen werden. Zusätzlich fällt vor allem beim BHKW Wärme aus der Motorkühlung an, welche die Anlage in ihrer optimalen Betriebstemperatur hält.

Ist ein Nah- oder Fernwärmenetz vorhanden, kann über sie die Fernwärme ab einer Netztemperatur von ca. 70 °C zur lokalen Kälteerzeugung genutzt werden, ohne eine eigene KWK-Anlage zu installieren. Wir wollen in dieser Broschüre

nur komplette KWKK-Anlagen betrachten; für Informationen über Kältemaschinen verweisen wir auf unsere Broschüre „Gasabsorptionswärmepumpen in Industrie und Gewerbe“.



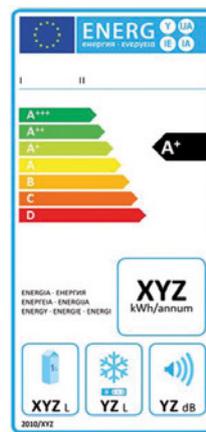
asue.de
>Alle Broschüren
>Gaswärmepumpe/
Kälte

KWKK-Anlagen für jede Anwendung

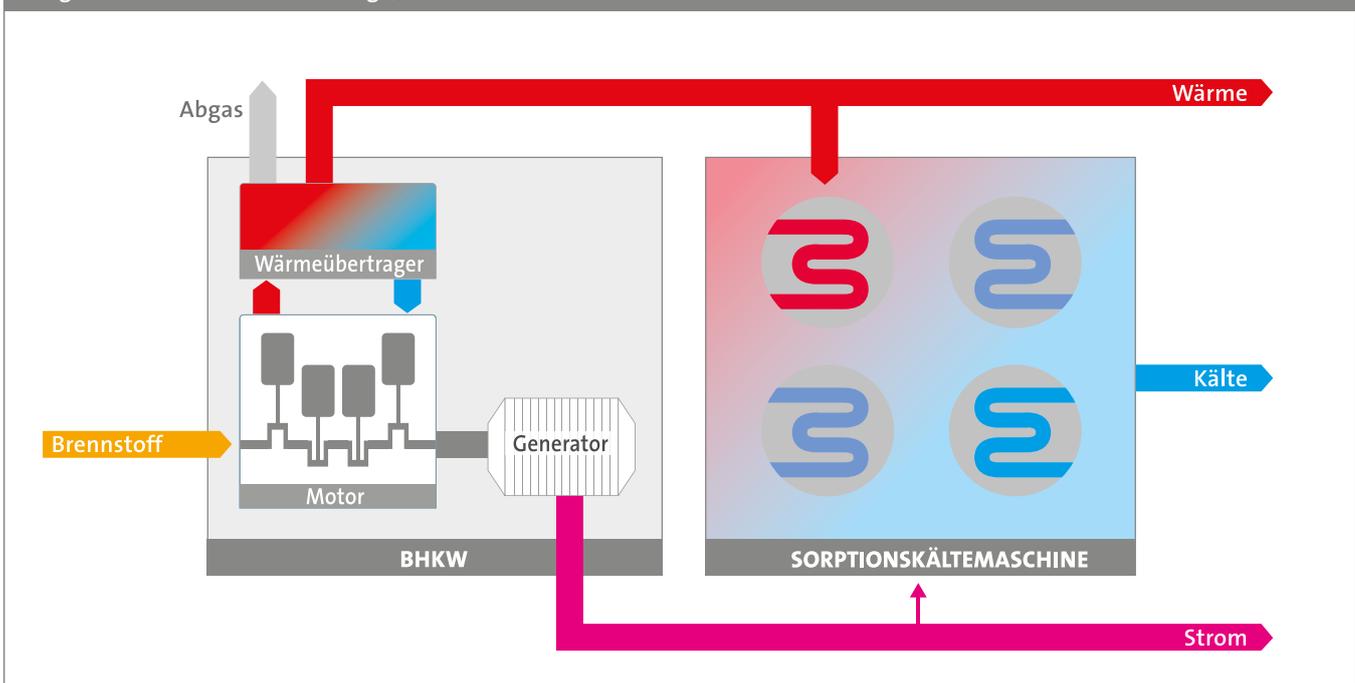
Die kleinsten KWKK-Anlagen bieten eine elektrische Leistung von 5 kW, eine Kälteleistung von 10 kW und eine Wärmeleistung von 15 kW. Nach oben sind durch große Bauarten und die Kaskadenschaltung von Einzelanlagen keine Grenzen gesetzt. Über eine passende, auf die Anforderungen zugeschnittene Auslegung der Stromerzeugung und der Kältemaschine können KWKK-Anlagen in einem optimalen Betriebsfenster betrieben werden. Zudem wird die Wirtschaftlichkeit durch die

höhere Laufzeit und die damit verbundene Stromerzeugung weiter verbessert.

KWKK-Anlagen werden wegen ihrer Effizienz in der auch als Ökolabel bezeichneten Effizienzklasse A+ eingeordnet, gemeinsam mit Hybridheizungen aus Solar- und Gasanlagen und Luftwärmepumpen.



Energieströme in einer KWKK-Anlage, hier mit einem BHKW

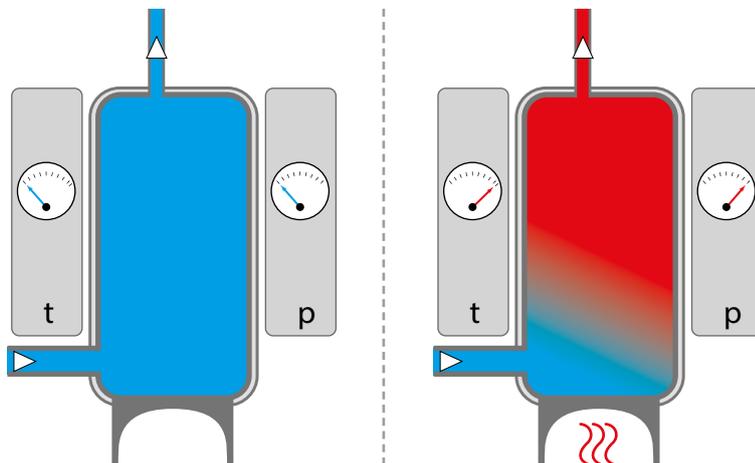


3 Wärme als Antrieb

Der thermische Verdichter

Die Voraussetzung für jede über eine reine Heizanwendung hinausgehende Wärmenutzung ist der Betrieb eines thermischen Verdichters. Hier fördert eine Pumpe ein beliebiges Fluid, z. B. eine Lithiumbromid-Lösung, unter einer Druckerhöhung in einen Kessel. Dort wird eine Antriebswärme genutzt, um das Fluid zu erhitzen und ganz oder teilweise zu verdampfen. Das erhitze und verdichtete, nun gasförmige Fluid gibt seine thermische Energie anschließend in einem Wärmeübertrager ab, ohne dass der Druck abfällt. Dabei verflüssigt es sich.

Prinzip des thermischen Verdichters



Wird das verdichtete und nun abgekühlte Fluid anschließend in einem Verdampfer entspannt, verdampft es schlagartig und kühlt sich durch die Druckreduktion sehr stark ab. Während das Fluid nun einer zu kühlenden Umgebung (z. B. Lebensmittellager, Serverraum, Büros etc.) Wärme entzieht, steigt seine Temperatur wieder an. Im Anschluss wird das Fluid wieder in den thermischen Verdichter geführt und der Kreislauf beginnt von Neuem.

Sorption: Physikalische Chemie trifft Energieeffizienz

Ein wirtschaftlicher Prozess lässt sich mit thermischen Verdichtern erst darstellen, wenn im Prozess ein Stoff bzw. Fluid neben den Phasenübergängen beim Erhitzen und Abkühlung auch in oder an einem anderen Stoff bzw. Fluid ab-/ad- oder desorbiert wird. Dieser Vorgang heißt Sorption.

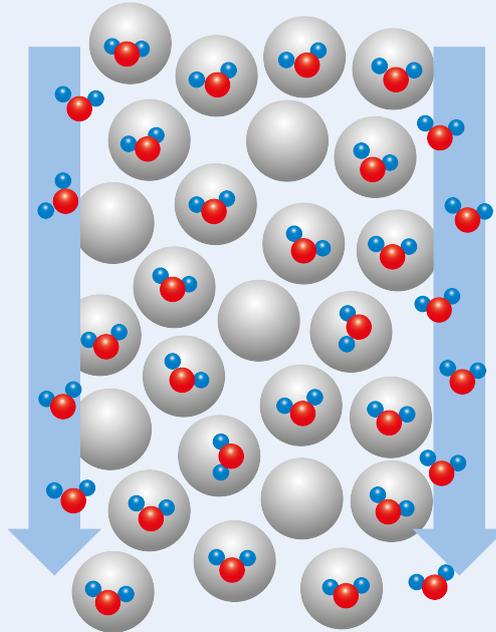
Der Begriff beschreibt dabei genauer die Anreicherung eines Stoffs (Sorbent) an oder in einem anderen Stoff (Sorbens) unter Wärmeabgabe. Die gleiche Wärmemenge muss im Anschluss wieder aufgewendet werden, um das Sorptiv zu desorbieren.

Vereinfacht gesagt, wird in dem Moment Energie freigesetzt, in dem eines der beteiligten Fluide seiner Mobilität beraubt und in einer anderen Flüssigkeit gelöst oder in den Poren eines Festkörpers eingeschlossen wird. Diese als Wärme freiwerdende Energie trägt entscheidenden Anteil an der Energiebilanz von allen Sorptionsverfahren.

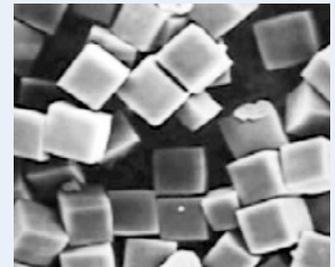


Adsorption

Im Adsorber wird die Energie dadurch frei, dass sich ein flüssiges oder gasförmiges Fluid an einen Festkörper anlagert, das heißt adsorbiert wird. Die verwendeten Festkörper (z. B. Zeolithe, Aktivkohle) besitzen poröse Oberflächen mit einer zur Molekülgröße des zu adsorbierenden Fluides passenden Porenweite. Ist der adsorbierende Festkörper vollständig beladen, kann das adsorbierte Fluid chemisch unverändert durch Erwärmen wieder ausgetrieben werden und der Festkörper kann erneut beladen werden. Dieser diskontinuierliche Prozess wird in der Praxis durch mindestens zwei Adsorber im wechselseitigen Betrieb ausgeglichen.



Adsorption am Beispiel Wasser an Zeolith: Die Poren im Zeolith (grau) sind so genau auf den Moleküldurchmesser von Wasser (H_2O : Wasserstoff (blau) und Sauerstoff (rot)) abgestimmt, dass die nur auf sehr kurzer Entfernung wirkenden Van-der-Waals-Kräfte die Wassermoleküle in die Poren hinein ziehen und festhalten.

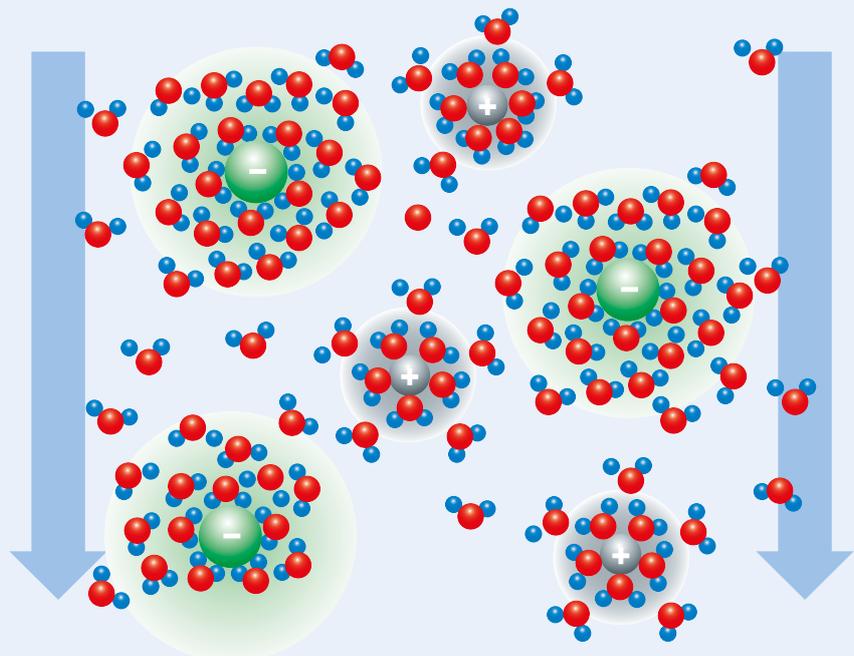


OBEN: REM-Aufnahme Zeolith.
UNTEN: Lichtmikroskopische Aufnahme Silikagel.

© InvenSor GmbH

Absorption

Im Absorber wird ein flüssiges oder gasförmiges Fluid von einer anderen Flüssigkeit aufgenommen. Dabei wird ein Fluid in dem anderen Fluid gebunden, ohne sich chemisch zu verändern. Die anschließend vorliegende Lösung kann durch Erwärmen leicht wieder getrennt werden. Es gibt einige für den KWKK-Betrieb gut geeignete Stoffpaarungen wie Lithiumbromid und Wasser oder Ammoniak und Wasser. Auch neuartige, ionische Flüssigkeiten und Silikagel werden erforscht.



Absorption am Beispiel Lithiumbromid (LiBr) und Wasser: Das Lithiumbromid löst sich in Wasser in seine Bestandteile auf: Li^+ (grau) und Br^- (grün). Diese positiv und negativ geladenen Ionen ziehen Wasser-Moleküle (H_2O : Wasserstoff (blau) und Sauerstoff (rot)) an und bilden eine sog. Hydrathülle. Die besonders große Elektronegativität der Brom-Ionen (2,96) führt zu einer besonders großen Hülle und damit besonders viel gebundenem Wasser.

4 Anwendungen der KWKK-Technologie

Im Gegensatz zu elektrisch betriebenen Kompressionskälteanlagen können Sorptionskältemaschinen Abwärme im Temperaturbereich von 60...100 °C nutzen, um Kühlleistung bereitzustellen. Dabei bieten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) aber auch Gasmotorwärmepumpen (GMWP) optimal nutzbare Schnittstellen.

Eine reine KWK-Anlage ohne Kältemaschine läuft nur wirtschaftlich, wenn auch die entstehende Wärme (zumeist im Winter) genutzt wird. Somit wird ihr Stromerzeugungspotenzial nicht ausreichend genutzt. Der Einsatz einer thermisch angetriebenen Kältemaschine kann diesen Problemen entgegenwirken, weil so auch im Sommer die Wärme eingesetzt werden kann.

Wird die Kühlung im Sommer mit der Wärme der KWK-Anlage angetrieben, kann die benötigte Wärmeleistung im Sommer an die des Winters angeglichen werden. Die Jahresdauerlinie erstreckt sich somit über das ganze Jahr und die Volllaststundenzahl der KWK steigt. Spitzenlastkessel und KWK-Anlage können dann ganzjährig in einem höheren Leistungsbereich arbeiten und erreichen mehr Volllaststunden und einen höheren Nutzungsgrad. Anlagen in dieser Konstellation arbeiten effizienter und reduzieren die Amortisationszeiten. Durch Nutzung der Abwärme werden auch der Einsatz an Primärenergie gegenüber Kompressionskältemaschinen sowie entsprechend die CO₂-Emissionen reduziert.

Lebensmittelgroß- und Einzelhandel

Große, offene Verkaufsflächen und breite Fensterfronten laden die Kunden zum Verweilen ein. Eine wetterunabhängig auf angenehme Werte geregelte Temperatur mit perfekt eingestellter Luftfeuchtigkeit steigert das Wohlbefinden und schützt die Produkte für eine möglichst lange Haltbarkeit.

In der Frischeabteilung und den entsprechenden Lager- und Verarbeitungsräumen für Fisch, Fleisch, Milchprodukte und bisweilen auch Gemüse muss (tief-)gekühlt werden, während Gastronomie, Sozialräume und im Winter auch die Verkaufsflächen Wärme zur Beheizung und Erzeugung von heißem Wasser erfordern. Diese parallelen Anforderungen setzen beste Voraussetzungen für den Einsatz von KWKK-Anlagen.



KWKK-Anlage mit vier Mikrogasturbinen (zusammen 800 kW_{el} und 1400 kW_{th}) und zwei verschiedenen Absorptionskältemaschinen (NH₃ für Tiefkühlung – 280 kW_{th}, LiBr für Klimatisierung – 370 kW_{th}) an einem Lebensmittelgroßmarkt.
Bild: E-quad Power Systems GmbH



Bild: Viessmann GmbH

Verwaltungs- und Bürogebäude

Arbeitsräume

Seit einigen Jahren sind klimatisierte Büro- und Arbeitsräume selbstverständlich geworden. Durch eine Architektur, die immer mehr große Glasflächen vorsieht, ist eine Klimatisierung unumgänglich. Weil die sogenannte Wohlfühltemperatur bei jedem Individuum verschieden ist und auch die Seiten eines Gebäudes in verschiedenen Himmelsrichtungen jeweils unterschiedliche Sonnenstrahlung erhalten, sind Wärme und Kälte ab einer bestimmten Mitarbeiterzahl und Gebäudegröße gleichzeitig erforderlich. Weil hier keine Tiefkühlung notwendig ist, können Zeolith-Adsorber und LiBr-Absorber auf Basis von Wasser zur Klimatisierung eingesetzt werden.

Serverräume

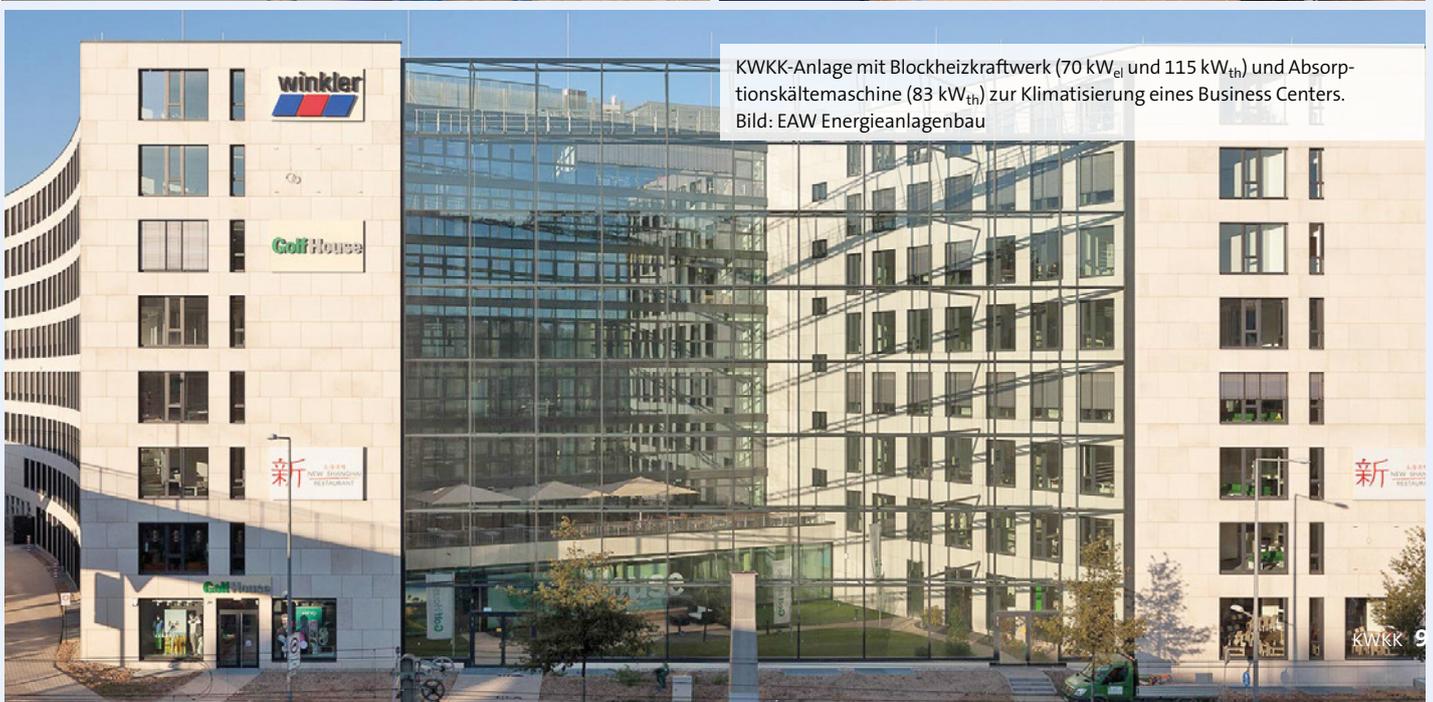
Mit der Digitalisierung hat die erforderliche Rechen- und Speicherleistung in den meisten Unternehmen und Verwaltungen stark zugenommen. Die elektrische Leistungssteigerung geht mit erhöhten Wärmemengen einher, die aus den meist innenliegenden Serverräumen abgeführt werden müssen, um die Rechenleistung zu erhalten. Durch die kontinuierlich anfallende Abwärme und den gleichmäßigen Bedarf an Kälte finden sich hier optimale Einsatzbedingungen für KWKK-Anlagen.



KWKK-Anlage mit Blockheizkraftwerk und fünf Adsorptionskältemaschinen (Zusammen 150 kW_{th}) zur Kühlung von Spritzgussmaschinen und Testständen eines Automobilzulieferers.
Bild: InvenSor GmbH



KWKK-Anlage mit Blockheizkraftwerk und insgesamt 11 Adsorptionskältemaschinen (zusammen 110 kW_{th}) zur Kühlung von Serverraum, Labors und technischen Anlagen eines Küchengeräteherstellers.
Bild: InvenSor GmbH



KWKK-Anlage mit Blockheizkraftwerk (70 kW_{el} und 115 kW_{th}) und Adsorptionskältemaschine (83 kW_{th}) zur Klimatisierung eines Business Centers.
Bild: EAW Energieanlagenbau

Industrie, Prozesse, Mittelstand

Die möglichen KWKK-Anwendungen in dieser branchenübergreifenden Gruppe sind vielfältig. Überall, wo Prozesse gestoppt, optimale Gerätetemperaturen gehalten und Produkte konserviert werden, kann Kälte erforderlich sein. Dabei lohnen sich oft auch schon kleine KWKK-Anlagen, um Synergien verschiedener Betriebszweige auszunutzen und aktiv Kosten und CO₂-Emissionen einzusparen.



KWKK-Anlage mit Blockheizkraftwerk (50 kW_{el} und 80 kW_{th}) und fünf Adsorptionskältemaschinen (zusammen 50 kW_{th}) zur Kühlung von Kunststofffertigteilen und Büroräumen.
Bild: InvenSor GmbH



KWKK-Anlage mit Blockheizkraftwerk (250 kW_{el} und 290 kW_{th}) und Adsorptionskältemaschine (90 kW_{th}) zur Kühlung von Spritzgussmaschinen.
Bild: InvenSor GmbH



KWKK-Anlage (400 kW elektrisch, 360 kW Kälte) mit BHKW und Absorptionskältemaschine zur Kühlung in der Produktion von Süßwaren.
Bild: SOKRATHERM GmbH

5 Kosten und Wirtschaftlichkeit

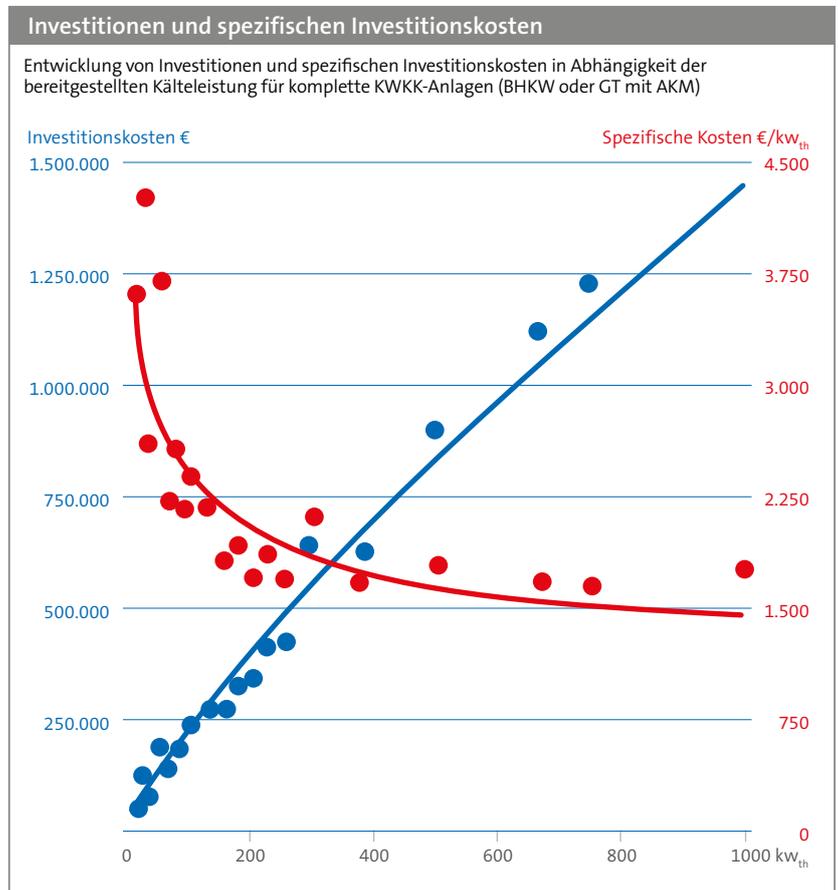
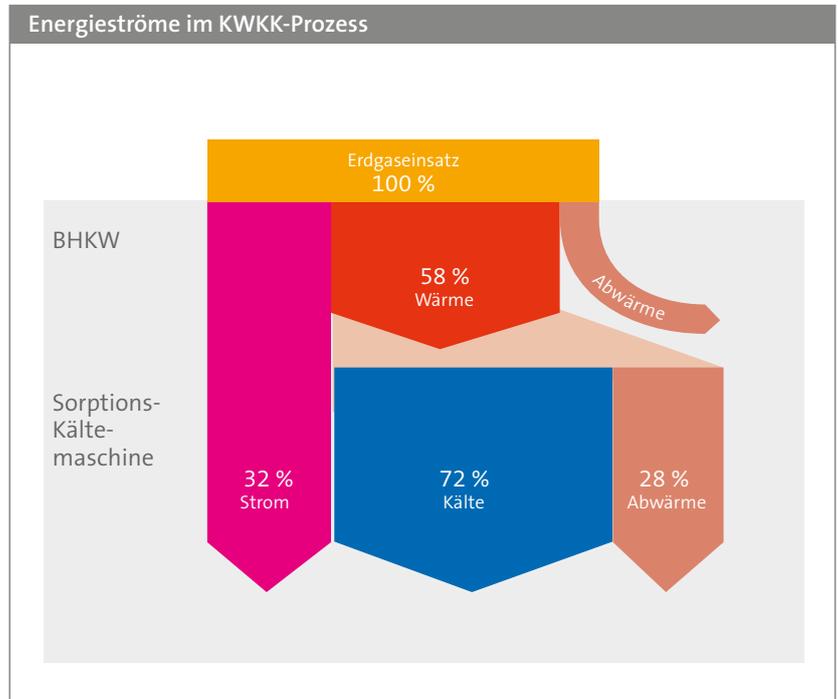
Bilanzierung von Energieverbrauch und Nutzenergie

Eine umfassende Energiebilanz hat den entscheidenden Einfluss bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von KWKK-Anlagen. Die verschiedenen Energieströme können an verschiedenste Anforderungen angepasst werden, so dass eine möglichst genaue Kenntnis der Anforderungen und Verbräuche im eigenen Projekt notwendig ist.

Im Systemvergleich zwischen rein oder teillektrischer Kälteversorgung und einer gasbasierten KWKK-Anlage fällt vor allem auf, dass letztere durch die Erzeugung von Strom zur Eigennutzung oder Netzeinspeisung sogar Einnahmen generieren und sich dadurch selbst refinanzieren können. So decken bereits die vermiedenen Strombezugskosten in der betrieblichen Kostenrechnung üblicherweise die Kosten für das in der KWKK-Anlage eingesetzte Gas. KWKK-Anlagen haben zudem den betriebswirtschaftlichen Vorteil, dass die Kosten der Kälteerzeugung gemeinsam mit den Gewinnen aus der Stromproduktion betrachtet werden können. Als Einnahmepositionen stehen somit die Kälte, die Abwärme und der selbst verbrauchte, eingesparte oder eingespeiste elektrische Strom zur Verfügung.

KWKK-Anlagen sind projektspezifische, aus standardisierten Einzelkomponenten zusammengesetzte Sonderanlagen. Vor einer Detailplanung sind Energiekonzepte erforderlich, die z. B. von fachlich geeigneten Sachverständigen mit BAFA-Zulassung erstellt und geprüft werden können. In einem optimal auf die Anforderungen aller beteiligten Systemkomponenten (Stromerzeugung und -verbrauch, Wärmeerzeugung und -verbrauch, Kälteerzeugung und -verbrauch) abgestimmten Verbund kann jede einzelne Komponente in ihrem optimalen Betriebsfenster arbeiten.

Zu ersten, überschlägigen Beurteilungen können Investitionskosten für kleine Anlagen von knapp 4.500 €/kW Kälteleistung bis hin zu rund 1.500 €/kW bei großen Anlagen angenommen werden.



5 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Zur Veranschaulichung der Daten dient die nachfolgende Beispielkalkulation. Ein KMU (Kleines oder Mittleres Unternehmen) betreibt in einer Industriehalle mit ca. 1.000 m² Grundfläche einen kälteintensiven Produktionsprozess. Dieser benötigt in Spitzen eine Kühlleistung von 60 kW_{th}. Neben der Halle befindet sich ein zweigeschossiges Gebäude mit Büros und Sozialräumen.

Bisher wird die Kälte in diesem Beispiel von großen Kaltwassersätzen bzw. Kältekompressoren erzeugt. Die laufenden Stromkosten motivieren den Betreiber, nach Alternativen zu suchen. Eine entsprechend dimensionierte KWKK-Anlage wurde installiert:

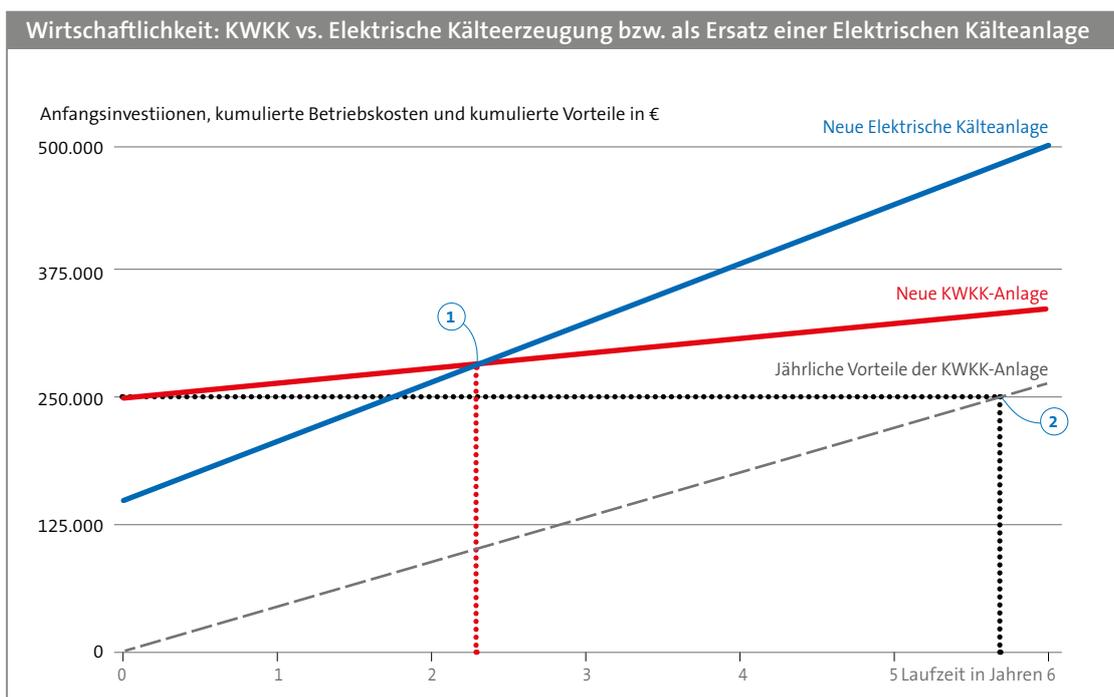
Kälteleistung	60 kW
Elektr. BHKW-Leistung	45 kW
Therm. BHKW-Leistung	85 kW
Investition Gesamtanlage	250.000 €
Amortisation	ca. 2 Jahre

PEF = 0,55 und kleiner | EnEV: Erfüllt! | Refinanzierung: Nach 2 Jahren! Inklusive BAFA Förderung > siehe gegenüberliegende Seite

Vergleicht man die Investitionen in eine neue KWKK-Anlage mit einer neuen, elektrischen Kompressionskälteanlage gleicher Leistung (Kosten ca. 150.000 €) amortisiert sich der Mehraufwand für die KWKK-Anlage über die Stromgewinne und Brennstoffeinsparungen (s. links) schon nach ca. 2 Jahren (Im Diagramm: Schnittpunkt blaue und rote Linie ①).

Soll die neue KWKK-Anlage eine bestehende Kompressionskälteanlage ersetzen und damit für sich alleine betrachtet werden, spielt die KWKK-Anlage die für Sie getätigten Investitionen durch geringere Energiekosten und Gewinne aus dem Stromverkauf nach ca. 5,5 Jahren wieder ein (im Diagramm: Vorteilskurve erreicht Wert der Anfangsinvestition ②).

Diese Beispielberechnung zeigt, wie trotz einer etwas höheren Anfangsinvestition in eine KWKK-Anlage mittelfristig Betriebskosten gespart werden.



6 Fördermöglichkeiten

BAFA-Programm „Kälte- und Klimaanlagen“

Das BAFA unterstützt mit ihrem Förderprogramm den Gebäudesektor auf seinem Weg in eine erfolgreiche Energie- und Wärmewende. Dabei werden Sorptionsanlagen von 5 bis 500 kW_{th, Kälte} gefördert, wobei es für NH₃-Absorber eine gegenüber LiBr-Anlagen geringere Obergrenze von 200 kW_{th, Kälte} gibt. Das BAFA fördert Neuerrichtungen und Vollsanierungen mit bis zu 150.000 € pro Maßnahme, wobei maximal 50 % der förderfähigen Kosten angerechnet werden können. Im Mittel können ca. 25 % der Kosten für Ab- oder Adsorptionskälteanlagen vom BAFA erstattet werden. Zusätzlich gibt es Boni bei der effizienzsteigernden Nutzung von Kälte- oder Wärmespeichern als Systempuffer.

Mit der Förderung ergibt sich eine Verpflichtung für den Betreiber bestimmte Betriebsdaten (Kälteproduktion, Stromverbrauch, Stillstände etc.) mindestens jährlich an das BAFA zu übermitteln. Hierdurch wird eine begrüßenswerte, neutrale Analyse der Anlage im Hinblick auf die tatsächliche Effizienz ermöglicht.

KfW-Energieeffizienzprogramm – Abwärme

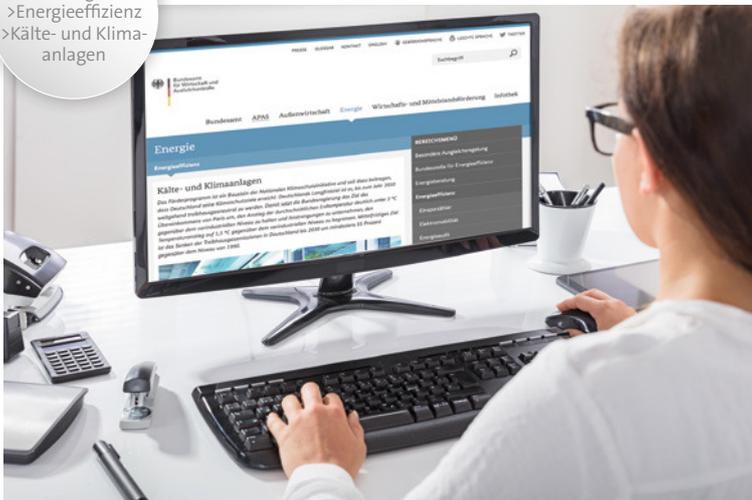
Die KfW unterstützt nach Vorgaben des BMWi Unternehmen, die die Vermeidung überflüssiger Abwärme oder deren weitere Nutzung zur effizienten Energienutzung planen. So ist die Abwärmenutzung mit Sorptionsanlagen als Teil von neuen, erweiterten oder modernisierten KWKK-Anlagen genauso förderfähig wie ein für die Planung durch einen externen Sachverständigen angefertigtes Wärmekonzept. Nicht förderfähig sind dagegen Anlagenprototypen, die in einer Stückzahl kleiner als fünf installiert wurden und Anlagen, die bereits nach EEG oder KWKG gefördert werden (sollen).

Auch hier erbittet die KfW die Mitarbeit der Betreiber zur betrieblichen Analyse der geförderten Maßnahmen. Dafür gewährt sie zinsgünstige Kredite für bis zu 100 % des Investitionsvolumens bis maximal 25 Mio. € und zahlt Tilgungszuschüsse, die sich unter optimalen Bedingungen auf bis zu 50 % der Investition summieren.

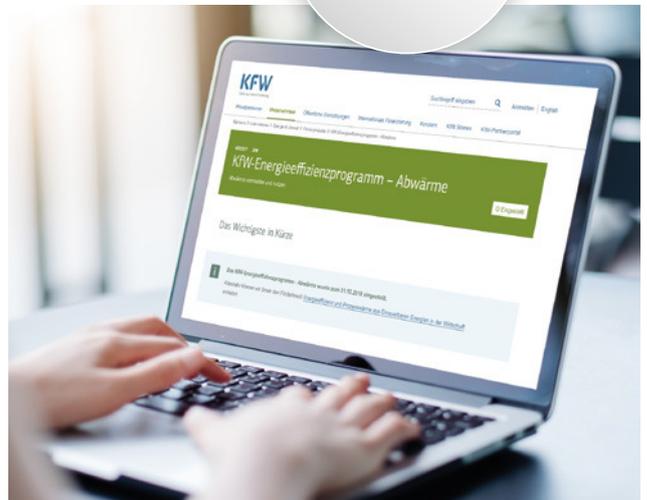
BAFA und KfW kombinieren?

Die parallele bzw. kumulative Nutzung beider Förderprogramme, die zu einem Investitionszuschuss i. H. v. 100 % des Investitionsvolumens führen könnten, ist nicht zulässig.

bafa.de
>Energie
>Energieeffizienz
>Kälte- und Klimaanlagen



kfw.de
>Unternehmen
>Energie & Umwelt
>Förderprodukte
>294 KfW-Energieeffizienzprogramm – Abwärme



7 Projekte und Anlagenbau mit KWKK

Planung, Errichtung und Inbetriebnahme der Anlagen sollten durch spezialisierte Unternehmen und aus einer Hand erfolgen. Nach der Übermittlung klarer Aussagen zu den Anforderungen an eine zukünftige Energiezentrale muss ein Anbieter umfassende Kenntnisse von Kältetechnik, Hydraulik, Energietechnik und Automation vorweisen, die zur erfolgreichen Umsetzung erforderlich sind. Diese Kenntnisse können über Referenzlisten abgefragt werden.

Dabei kann z. B. auf innovative Ansätze zur weiteren Steigerung der Systemeffizienz Wert gelegt werden. So kann ein größerer Wärmespeicher, der die Laufzeiten der Sorptionsanlage von der Funktion der KWK-Anlage entkoppelt, eine sinnvolle Ergänzung des Systems sein. Zudem räumt diese Maßnahme der Stromerzeugung mehr Flexibilität ein und trägt dem hohen Bedarf nach flexibler Stromerzeugung Rechnung.

Des Weiteren sollten effiziente Rückkühler im System enthalten sein. Diese sind erforderlich, sobald die Wärme aus dem Prozess nicht dauerhaft ausgekoppelt werden kann. Die Rücklauftemperatur des Rückkühlers hat einen großen Einfluss auf den Wirkungsgrad des Systems und muss präzise auf die jeweiligen Anlagenbedingungen eingestellt werden. In der Regel werden dazu Trockenkühlaggregate eingesetzt, die mit elektrischen Ventilatoren arbeiten.

Anbieterverzeichnis

	Kälte-technologie	Kälte-mittel	Kälte-leistung (kW)	Minimale Temperatur (°C)	BHKW-Leistung (kW _{el})
ABROTEC Energietechnik GmbH	Sorptions-anlagen	LiBr und andere	10...500	7	7,5...530
AGO AG Energie + Anlagen	Ammoniak-Absorber	Ammoniak	50...1500	-40	100...3500
EAW-Energie-anlagenbau GmbH Westenfild	LiBr-Absorber	Wasser	15...250	6	20...530
InvenSor GmbH Niederlassung Berlin	Zeolith- und Silikagel-Adsorber	Wasser	10...300	8	5...500
KRAFTLAND GmbH	Adsorptions-, Absorptions-, Hybrid-anlagen	alle	10...2000	-25	1...2000
SES Energie-systeme GmbH	Adsorption/Absorption	Wasser/LiBr	30...105/ 60...500	ca. 14/ 6	50...4.500
SOKRATHERM GmbH	Lithium-bromid- und Ammoniak-Absorber	Wasser, Ammoniak	55...450	6 (-2)	50...550
TEDOM a.s.	Verschiedene	Verschiedene	bis 1400	Verschiedene	bis 2000

Das Anbieterverzeichnis erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. In das Anbieterverzeichnis wurden nur Unternehmen aufgenommen, die gegenüber ihren Kunden als Generalunternehmer auftreten und die notwendigen Planungs- und Installationsleistungen aus einer Hand anbieten.

Grundsätzlich können auch Anbieter der Teilanlagen (Blockheizkraftwerke, Mikrogasturbinen, Sorptionsanlagen) das Know-how und die Erfahrung besitzen, um KWKK-Projekte durchführen. Unter www.asue.de/wer-bietet-an sind Kontaktdaten und technische Details der entsprechenden Anbieter aufgeführt.



Informationen

BHKW-Leistung (kW _{th})	Kontakt
20...660	Humboldtstr. 10, 39108 Magdeburg T 0391 662 438 9 · F 091 662 438 7 info@abrotec.de · www.abrotec.de
140...4000	Am Goldenen Feld 23, 95326 Kulmbach T 09221 602 - 0 · F 09221 602 - 149 info@ago.ag · www.ago.ag
45...660	Oberes Tor 106, 98630 Römhild T 03 69 48 / 8 41 - 32 F 03 69 48 / 8 41 - 52 info@eaw-energieanlagenbau.de www.eaw-energieanlagenbau.de
12...600	Gustav-Meyer-Allee 25, 13355 Berlin T 030 921 074 - 201 F 030 921 074 - 299 info@invensor.de www.invensor.com
1,5...2500	Kurfürstenstr. 111, 10787 Berlin T 030 417 24 488 F 030 417 28 484 info@kraftland.de www.kraftland.de
ca. 80...4.500	Eichenstraße 3b 12435 Berlin T 030 / 319007-0 F 030 / 3130958 info@ses-energiesysteme.com www.ses-energiesysteme.com
80...650	Milchstraße 12 32120 Hiddenhausen T 05221 / 9621-0 F 05221 / 9621-34 info@sokratherm.de www.sokratherm.de
bis 2000	Hrotovická - průmyslová zóna 160 CZ-67401 T ebí T +420 953 311 111 F +420 953 311 400 tedom@tedom.com www.tedom.com

Broschüren

Die ASUE stellt zu verschiedenen Themen umfangreiches und interessantes Infomaterial bereit. Neben der hier vorgestellten Auswahl finden Sie unter www.asue.de/broschuerenliste/alle alle unsere Broschüren zum Bestellen als gedruckte Version oder zum pdf-Download.



Das KWK-Gesetz 2017
Bestellnummer 309860



Leitfaden zur Anmeldung
und steuerlichen
Behandlung von kleinen
Blockheizkraftwerken
Bestellnummer 309887



Wirtschaftliches Sanieren
mit Brennstoffzelle
Bestellnummer 310183

Herausgeber

ASUE Arbeitsgemeinschaft für
sparsamen und umweltfreundlichen
Energieverbrauch e. V.
Robert-Koch-Platz 4
10115 Berlin
Telefon 0 30 / 22 19 1349-0
info@asue.de
www.asue.de

Bearbeitung

ASUE-Arbeitskreis
Gaswärmepumpen und Kältetechnik

Grafik

Kristina Weddeling, Essen

Verlag

wvgw Wirtschafts- und
Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH
Josef-Wirmer-Straße 3
53123 Bonn
Telefon 0228/9191-40
info@wvgw.de
www.wvgw.de

KWKK – Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Bestellnummer: 31 04 78
Schutzgebühr: 7,35 € / 7,90 €
(zzgl. / inkl. 7 % MwSt.)
Stand: März 2019

Überreicht durch: