

# Verdichterantrieb - Sonne, Gas und Abwärme

## Alternative thermische Verfahren zur Kälteerzeugung wie Gasmotoren- und Absorptionskältemaschinen ermöglichen deutliche CO<sub>2</sub>-Reduktionen

Thermisch angetriebene Absorptionskältemaschinen leisten bereits heute einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz und zur Verbesserung der Gebäudeenergieeffizienz. Voraussetzung für eine CO<sub>2</sub>-reduzierende Kälteerzeugung ist die Nutzung vorhandener Wärmepotenziale wie BHKW-Abwärme, Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung oder Solarwärme. Auch gasmotorisch angetriebene Kältemaschinen und Wärmepumpen können helfen, die Klimaschutzziele durch Reduzierung des Strombedarfs für Kühlzwecke zu erreichen. Ein neu aufgelegtes Impulsprogramm des Bundesumweltministeriums für gewerblich genutzte Kälteanlagen soll darüber hinaus nachhaltige Technologien, die ohne elektrischen Strom zum Verdichterantrieb auskommen, fördern.

Das Thema „thermisches Kühlen“ mittels Absorptionskältetechnik rückt durch zahlreiche europäische Forschungsprojekte über solares Kühlen in den Blickpunkt der Fachöffentlichkeit. Dabei entsteht zeitweise der Eindruck, dass es hier um eine neue Kühl-Technologie geht, die erst noch erprobt werden muss. Tatsächlich handelt es sich aber um ein über Jahrzehnte bewährtes Kühlverfahren. Allein in Deutschland wurden bislang mehr als 3000 Absorptionskältemaschinen mit einer Kälteleistung von rund 1200 MW installiert.

So ist das japanische Unternehmen Yazaki im kleinen und mittleren Leistungsbereich bereits seit über 30 Jahren auf dem deutschen Markt. Die Gesamtzahl der in Europa installierten Absorber des Herstellers wird auf rund 2000 Geräte mit einer Gesamtkälteleistung von etwa 175 MW geschätzt. Das Unternehmen fertigt seine Absorptionskältemaschinen seit 1970 in Serie und hat nach eigenem Bekunden seitdem weltweit Projekte mit mehr als 3500 MW Kälteleistung realisiert.

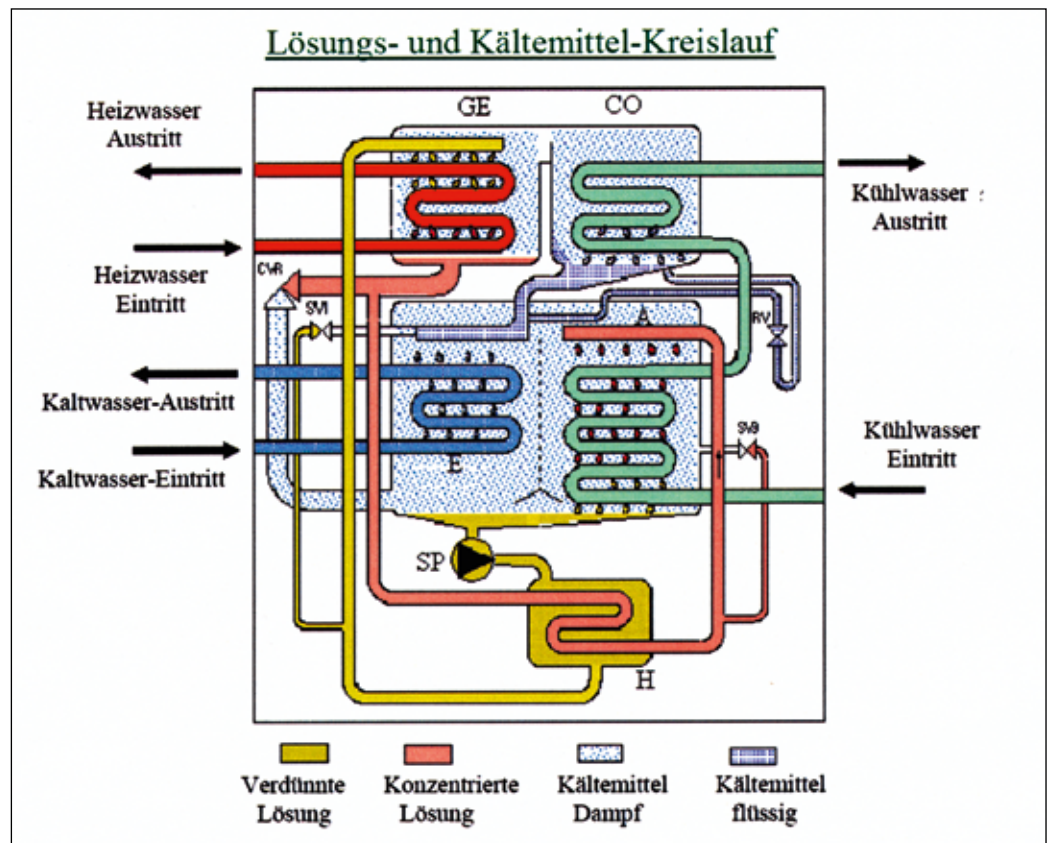
### Funktionsprinzip der thermischen Verdichtung

Eine einfach wirkende Absorptionskältemaschine wird mit Wärme bei sehr

niedrigen Drücken betrieben und verwendet im Kältekreislauf ein Gemisch aus einer Lithiumbromid-Lösung und Wasser. Dabei dient das

Wasser als Kältemittel und Lithiumbromid als Lösungsmittel. Der Kälte-Kreislauf in Bild 1 besteht dementsprechend aus einem Kältemittel- (Wasser) und einem Lösungsmittelkreislauf, indem eine verdünnte Lithiumbromid-Wasser-Lösung zum sogenannten Austreiber (GE) gepumpt wird. Im Austreiber wird die Lösung durch Erhitzen vom Wasser getrennt. Das siedende Wasser verdampft, während das aufkonzentrierte Lithiumbromid zurückbleibt und über eine Wärmerückgewinnung (H) zum Absorber (A) gelangt.

Der eigentliche Kältemittelkreis transportiert den Wasserdampf über den Kondensator (CO), wo Wärme mithilfe eines Kühlturms an die Umgebung abgegeben wird. Das nun in flüssigem Aggregatzustand vorliegende Kältemittel wird bei entsprechend niedrigem Dampfdruck im Verdampfer (E) über Rohr-



■ Schematische Darstellung des Kälte-Kreislaufs einer Lithiumbromid/Wasser- Absorptionskältemaschine.

Bild: GasKlima GmbH, Erlensee



■ Das japanische Unternehmen Yazaki fertigt Absorptionskältemaschinen im kleinen und mittleren Leistungsbereich seit 1970 in Serie und wird mit seinem deutschen Vertriebspartner Gasklima, Erlensee, erstmals auf der Chillventa 2008 in Nürnberg ausstellen. Bild: Gasklima GmbH, Erlensee

schlangen versprüht, wo es dem zirkulierenden Kaltwasser (Nutzkreis) Wärme entzieht und verdampft. Der Kreislauf schließt sich, wenn der Wasserdampf aus dem Verdampfer im Absorber auf die konzentrierte Lithiumbromid-Lösung trifft. Der Kältemitteldampf kondensiert erneut und wird aufgrund seiner hohen Affinität zum Wasser von dem Lösungsmittel absorbiert. Hierbei wird Wärme frei die ebenfalls über den Kühlturm abgeführt wird.

#### Vorteile durch Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Eine weitere in diesem Zusammenhang interessante Technik ist die Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung. Mit dieser wird mit einer Infrastruktur Wärme, Kälte und Warmwasser bereitgestellt. Gegenüber der Bereitstellung mit getrennten Infrastrukturen können sich interessante betriebs-

wirtschaftliche Vorteile für die Betreiber ergeben. Diese wird in Zukunft durch den steigenden Kühlbedarf im Sommer und die damit einhergehende Stromnachfrage umso interessanter, je stärker die Betriebskosten für die reine strombetriebene Kühlung ansteigt. Eine ähnliche Entwicklung zeigte sich übrigens auch vor über 20 Jahren im asiatischen Raum. Als Reaktion hierauf sind dort heute mehr als 600000 Gaswärmepumpen im Einsatz.

#### Günstige Rahmenbedingungen für thermische Kälteerzeugung

Im Hinblick auf die veränderten gesetzlichen Rahmen-

■ Eine Lösung für Heizen und Kühlen - gasmotorisch angetriebene Wärmepumpen überzeugen durch Vielseitigkeit und hohe Wirkungsgrade auch bei tiefen Temperaturen. Bild: ASUE e.V.

bedingungen bei Nichtwohn-Gebäuden, wie beispielsweise die Europäische Gebäudeeffizienzrichtlinie (EPBD) oder das Europäische „Green Building“-Programm, kommt der thermischen Kälteerzeugung mittels Abwärme und Regenerativen Energien aus Sicht von Wissenschaftlern und Ingenieuren künftig eine wichtige Rolle zu. Triebkräfte sind u. a. auch das Erneuerbare Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG), die Novelle des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetzes sowie weitere Förderprogramme für nachwachsende Rohstoffe, die allesamt positive Rückkopplungseffekte auf den Einsatz von Absorptionskälteanlagen haben dürften. So zeichnet sich bereits ab, dass durch die Förderung von solarunterstützten Heizungsanlagen ein bislang nicht verwertbarer Wärmeüberschuss im Sommer entsteht, der beispielsweise durch die Einbindung einer Absorptionskältemaschine genutzt werden könnte.

#### Wärme im Überfluss

Auch durch den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung und damit auch der Fernwärme, deren Überschüsse im Sommer zum Antrieb von Absorptionskälteanlagen genutzt werden kann, werden große Wärmepotenziale zur Kälteerzeugung nutzbar.

Yazaki wird deshalb zusammen mit dem deutschen Vertriebspartner Gasklima, Er-

lensee, seine Marktaktivitäten verstärken und zusätzliche Unterstützung für Planer und qualifizierte Heizungsfachunternehmen in Form von Broschüren, Auslegungstools sowie Referenzbeschreibungen anbieten. Arne Heuzeroth, Leiter des Geschäftsbereichs Yazaki „Environment and Energy Equipment Operations“, Köln, formuliert die Zielsetzung so: „Absorptionskältemaschinen gehören zu den robustesten und gutmütigsten Kältemaschinen auf dem Markt. Allerdings muss man bei der Planung einige Besonderheiten beachten, zum Beispiel bei der hydraulischen Einbindung von Absorbern in die Wärme- bzw. Kälteanlage und bei der Rückkühlung. Hier sehen wir einen wachsenden Informationsbedarf.“

Das Yazaki-Programm umfasst warmwasserbetriebene Lithium-Bromid-Absorber in einem Leistungsbereich von 17,5 bis 105 kW Kälte-Nennleistung. Die notwendigen Heizwassertemperaturen zum Antrieb des Kühlprozesses liegen zwischen 75°C und 95°C.

Nach Erhebungen der französischen Tecsol S. A., Perpignan, ein auf Solarthermie, solare Kühlung und HLK-Anlagen spezialisiertes Consulting- und Planungsbüro, ist die 35-kW-Maschine des japanischen Herstellers der weltweit in solaren Kühlanlagen am häufigsten eingebaute Absorber.



Vergleich der Kohlendioxid-Emissionen  
Beispiel



■ CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich. Bild: ASUE e. V.

**Gasmotoren-Klimageräte und Wärmepumpen**

Neben den inzwischen etablierten Gasmotoren in BHKW-Anlagen werden diese auch zum Antrieb von Verdichtern in Kältekreisläufen eingesetzt. Auch hier begann die Entwicklungsarbeit in Japan. Bereits seit 1980 wurden hier gasmotorisch angetriebene VRF-Multisplit-Systeme entwickelt.

Der japanische Hersteller AISIN bediente als Toyota-Tochter lange Zeit hauptsächlich den japanischen und amerikanischen Klimamarkt. In Europa trat AISIN erstmals mit der Einführung der Gaswärmepumpe auf, dessen endothermischer Gas-Verbrennungsmotor speziell für die AISIN-Seiki-Gaswärmepumpe im Forschungs- und Entwicklungszentrum von Toyota entwickelt wurde.

Bei diesem auch als „Gas Heat Pump (GHP)“ bezeichneten System treibt der Gasmotor einen Kältekreislauf an, der sowohl zum Heizen als auch zum Kühlen eingesetzt werden kann. Als Wärmepumpenanlage macht sie

sich nicht nur Umweltwärme – etwa aus der Umgebungsluft oder dem Erdreich – zu nutzen, sondern gleichzeitig die Abwärme des Gasmotors. Der von üblichen Elektrowärmepumpen her bekannte Effekt des Leistungsabfalls bei Außentemperaturen von unter -10 °C tritt bei GHP-Anlagen nicht auf, da mit der Motorabwärme ständig eine Wärmequelle mit nahezu konstantem Temperaturniveau zur Verfügung steht.

**Ein System zum Heizen und Kühlen**

Die Vorteile eines solchen Systems sind vielseitig, wobei in erster Linie der hohe Gesamtwirkungsgrad sowie die Möglichkeit, mit einem System Heizen und Kühlen zu können, im Vordergrund stehen. Dadurch werden Installationsaufwand und Investitionskosten gesenkt. Die Energieeffizienz des Systems beruht vor allem auf zwei Aspekten. Zum einen wird die Gaswärmepumpe mit der Primärenergie Erdgas betrieben. Im Gegensatz zu einer Elektrowärmepumpe, die mit ho-

hen Umwandlungsverlusten behaftete Endenergie Strom einsetzt. Zum anderen erreicht die Gaswärmepumpe durch die gleichzeitige Nutzung von Umweltwärme und Motorabwärme eine Arbeitszahl von bis zu 1,4.

Der zum Antrieb verwendete Gas-Verbrennungsmotor wird mit niedrigen Drehzahlen betrieben, wodurch der Motor geschont und lange Wartungsintervalle von 10 000 Betriebsstunden ermöglicht werden. Auch verfügbaren Gaswärmepumpen heute über intelligente Drehzahlregelungen, welche eine stufenlose Modulation zur Leistungsanpassung zwischen 8-100% der Nennleistung realisiert.

Neben den herkömmlichen Direktverdampfungssystemen werden auch wassergeführte Systeme zum Kühlen eingesetzt. Hierbei wird in einer Wärmeübertrager-Station die Energie vom Kältemittel auf das Wasser übertragen und kann dann mit Vorlauftemperaturen von 6 °C bis 47 °C über thermisch aktivierte Bauteile (Baukernaktivierung) oder Kühldecken und Konvektoren ins Gebäude eingebracht werden.

**Impulsprogramm für gewerbliche Kälteanlagen**

Das Bundesumweltministerium hat eine umfassende Klimaschutzinitiative auf den Weg gebracht. Mit vier neuen Programmen sollen Investitionen in Energieeffizienz und Erneuerbare Energien in der Wirtschaft, den Kommunen sowie bei den Verbrauchern gefördert. In diesem Jahr stehen dafür bis zu 400 Mio. Euro aus dem Verkauf der CO<sub>2</sub>-Emissionsrechte zur Verfügung. Davon sollen 280 Mio. Euro für nationale Maßnahmen, wie beispielsweise das im Juni 2008 verabschiedete Impulsprogramm für gewerbliche Kälteanlagen, verwendet werden. Es fördert hocheff-

ziente und klimafreundliche Kältetechnik durch Zuschüsse zur Beratung (StatusCheck) und Investitionen in Alt- und Neuanlagen. Bei der gewerblichen Kältetechnik sind nach Angaben des Bundesumweltministeriums (BMU) noch außerordentliche Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen möglich. Allein mit der am Markt verfügbaren Technik könnten in Deutschland jährlich ca. 11 Mrd. kWh eingespart werden.

Ähnlich wie im Marktanreizprogramm für Regenerative Energien ist neben der Beratungsförderung eine Basis- sowie eine Bonusförderung für besonders effiziente Anlagen vorgesehen. Förderfähig sind beispielsweise Anlagen mit nicht halogenisierten Kohlenwasserstoffen als Kältemittel sowie nichtelektrisch angetriebene Kälteanlagen – also beispielsweise gasmotorisch angetriebene Verdichter mit Abgas-Wärmerückgewinnung. Darüber hinaus ist die Nutzung von Abwärme aus Produktionsprozessen oder Kälteanlagen mittels Wärmerückgewinnung zu nennen.

Voraussetzung für die Förderung von Energiesparmaßnahmen bei vorhandenen Anlagen ist immer ein sogenannter „Status Check“ der Kälteanlage, mit dem eine umfangreiche technische Bestandsaufnahme durch einen Sachkundigen und eine detaillierte Berechnung eines unabhängigen Dienstleisters erfolgen soll. Weist dieser Anlagen-Check eine mögliche Energieeinsparung in Höhe von mindestens 35% aus, so kann ein Antrag auf Förderung der Investitionsmaßnahme gestellt werden. Die Fördersätze sind abhängig von der Größe des antragstellenden Unternehmens und von der Art der Maßnahme (Alt- oder Neuanlagen). Dabei beträgt der Fördersatz zwischen 15 und 25% der Netto-

■ **Tabelle 1: BAFA - Investitionszuschüsse für Kälteanlagen gewerblicher Unternehmen in Deutschland:**

	<b>Fördergegenstand:</b>	<b>Förder-Voraussetzungen:</b>	<b>Fördersatz:</b>
<b>Status Check:</b>	Erstellung von energetisch-kältetechnischen Bestandsaufnahmen einer bestehenden Kälteanlage durch unabhängige Sachkundige Dienstleister.	Jahresenergieverbrauch der Kälteanlage > 50 % des Gesamtenergieverbrauchs. Ansonsten ist eine Förderung über den Sonderfond „Energieeffizienz in KMU“ der KfW möglich.  Kosten je Kälteanlage für elektrische Energie > 15 000 Euro/a.  Energieverbrauch je Kälteanlage > 150 000 kWh/a.	75 % der in Rechnung gestellten Kosten, max. 1000 Euro, bei Anlagen mit besonderem Berechnungsaufwand 1300 Euro.
<b>Basisförderung:</b>	Maßnahmen zur energetischen Sanierung bestehender Kälteanlagen und an neu zu errichtenden Anlagen, für die Verbrauchsminderungen durch den Einsatz effizienter Technik nachgewiesen werden können.	<b>Altanlagen:</b> Status-Check weist mindestens 35 % Einsparpotenzial durch den Einsatz effizienter Komponenten und Systeme auf.	<b>Altanlagen:</b> 15 % der Nettoinvestitionskosten bzw. 20 % der Nettoinvestitionskosten, wenn CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> oder nichthalogenisierete Kältemittel verwendet werden und mittels TEWI-Berechnung (jährlicher Gesamtreibhauseffekt einer Kälteanlage) ein Nachweis über die Gesamteffizienz erbracht wird.
		<b>Neuanlagen:</b> a) Verwendung von CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> oder nichthalogenisiereten Kältemitteln. Nachweis der Gesamteffizienz mittels TEWI-Berechnung.  b) Verwendung energieeffizienter Komponenten (Master-Regelung, elektr. Expansionsventile, FU-Steuerung aller Antriebsmotoren und  c) Elektro-Energieverbrauch laut Auslegungsberechnung > 100 000 kWh/a oder Jahreskosten > 10 000 Euro.	<b>Neuanlagen:</b> 25 % der Nettoinvestitionskosten.
<b>Bonusförderung:</b>	Maßnahmen zur Nutzung der Abwärme aus Produktionsprozessen und Kälteanlagen mittels Wärmerückgewinnung.	a) Nichtelektrisch angetriebene Kälteanlagen wie beispielsweise gasmotorisch angetriebene Kältemaschinen mit Abgaswärmerückgewinnung.  b) Wärmerückgewinnung, Wärmepumpen, mit dem Zweck der Bereitstellung von Prozess- und Heizwärme (Jahres-Arbeitszahl > 3,5).	25 % der Nettoinvestitionskosten, 35 % der Nettoinvestitionskosten bei CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> oder nicht halogenisierten Kohlenwasserstoffen als Kältemittel.

Die Antragstellung ist seit dem 01.09.2008 möglich. Die Gewährung des Zuschusses steht unter dem Vorbehalt der Verfügbarkeit der erforderlichen Haushaltsmittel. Die Realisierung aller Maßnahmen kann unabhängig von einem erteilten Zuschussbescheid begonnen werden.

investitionskosten. Trotz der lukrativen Fördersatz und dem Ansatz, besonders effiziente Technologien mit einem Bonus zu belohnen, gibt es auch bei diesem Marktanzreizprogramm Anlass zur Kritik. So ist es hinsichtlich der Förderung von nichtelektrisch betriebenen Kälteerzeugern nicht konsequent aufgebaut. Studiert man das Förderprogramm und dessen Förderziele, so müsste man mei-

nen, dass Absorptions- und Adsorptionsverfahren, die jeweils ohne Verdichterstrom und halogenisierte Kohlenwasserstoffe als Kältemittel auskommen, den Förder-Voraussetzungen des Impulsprogramms entsprechen. Diese werden aber von der zuständigen BAFA generell von der Förderung ausgeklammert, wie der IKZ-FACHPLANNER-Redaktion auf Anfrage bei der zuständigen BAFA mitgeteilt wurde. Eine Begründung des

Bundesumweltministeriums für diese ungleiche Behandlung effizienter Kälteerzeuger im neuen Förderprogramm steht noch aus. Für Absorber-Kälteanlagen im gewerblichen Einsatz bleibt demnach noch die Förderung über den Sonderfonds „Energieeffizienz in Unternehmen“ für kleine und mittelgroße Unternehmen (KMU) der KfW-Förderbank. Sie hält vergünstigte Darlehen und Zuschüsse für die Energieberatung bereit.

Eine Übersicht über die möglichen Fördermittel und -Voraussetzungen des Impulsprogramms des BMU gibt Tabelle 1. Weitere Infos zu den Richtlinien und Hinweise für die Antragstellung im Rahmen der Klimaschutzinitiative stehen auf der Homepage des Bundesumweltministeriums und der BAFA bereit. ■

® *Internetinformationen:*  
[www.bmu.de/klimaschutzinitiative](http://www.bmu.de/klimaschutzinitiative)  
[www.kaelte-effizient.de](http://www.kaelte-effizient.de)  
[www.bafa.de](http://www.bafa.de)