

Industrielle Abwärmennutzung durch Absorptionskältemaschinen und Absorptionswärmepumpen

Dipl. Ing. Mario Schleith, Projekt- und Vertriebsingenieur Absorptionstechnik, Rütgers & Co. KG

Die Änderung des Klimaschutzgesetzes durch die Bundesregierung bedeutet eine weitere Verschärfung der Klimaschutzvorgaben mit dem Erreichen einer Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045. Bereits im Jahr 2030 soll der Treibhausgasausstoß um 65 Prozent gegenüber dem Referenzjahr 1990 verringert werden. Einer der Sektoren, der auch hier von natürlich massiv betroffenen sein wird, ist die Industrie.

Die Industrie wird eine nicht unerhebliche Transformation durchleben müssen, damit diese Ziele auch erreicht werden können.

Einer der wichtigen Schritte in diese Richtung ist die Nutzung der durch Produktion entstehenden/freiwerdenden Abwärme auf den unterschiedlichsten Temperaturniveaus.

Absorptionskältemaschinen beziehungsweise Wärmepumpen können hierzu einen entscheidenden Beitrag liefern.

Grundlagen Absorptionstechnik

Im Gegensatz zu den konventionellen Kompressionskältemaschinen und Wärmepumpen, die mit Strom betrieben werden, kommt in der Absorptionstechnik Wärme als Antriebsmedium zum Einsatz.

Als Arbeitsstoffe werden die Betriebsmittel Wasser (Kältemittel) und Lithiumbromid verwendet. Komplettiert wird dies durch Lithiummolybdat und Oktylalkohol (die beiden letzteren in kleinen Mengen). Alle Betriebsmittel besitzen die Wassergefährdungsklasse 1 (WGK1).

Die Antriebswärme kann durch folgende Medien erfolgen: Heißwasser, Dampf, Abgas (auch Biogas), Direktbefuerung durch Gas beziehungsweise Öl sowie eine Kombination aus zwei Wärmequellen.

Neben den Heizmedien werden die Absorptionsmaschinen auch durch ihre Stufigkeit eingeteilt beziehungsweise qualifiziert.

Die Stufigkeit hat einen unmittelbaren Einfluss auf die Effizienz der Maschinen. Je mehr Stufen, desto höher ist die Effizienz. Mit ansteigender Stufenzahl steigt jedoch

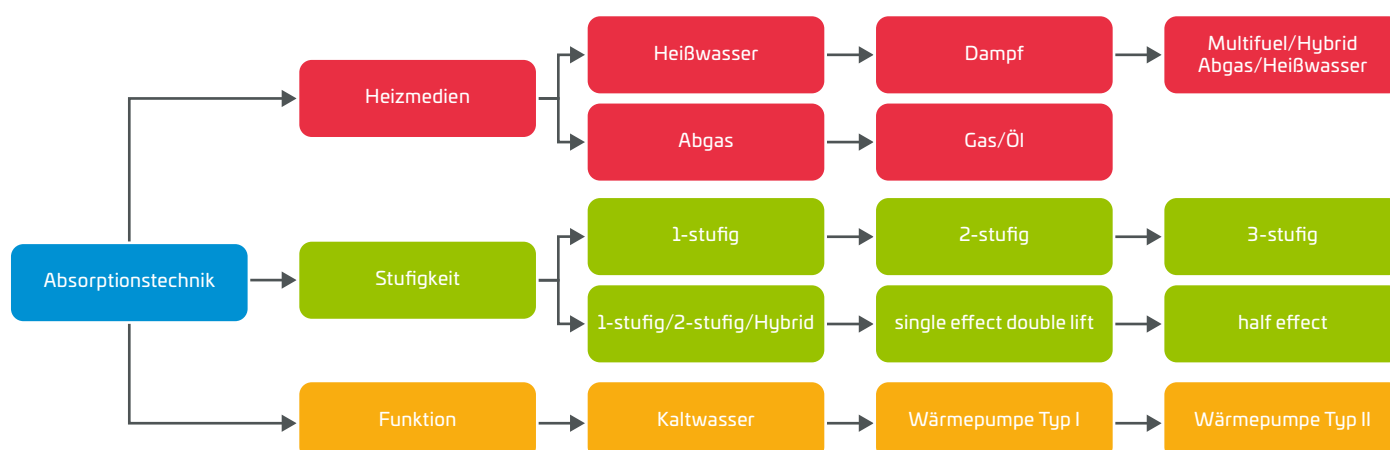


Abb. 1 | Einteilung/Unterscheidungsmerkmale Absorptionsmaschinen

aber auch die Anforderung an das Druck- beziehungsweise Temperaturniveau des Heizmediums. Mit Stufigkeit oder auch Effekt bezeichnet man im weitläufigen Sinne die Anzahl der Austreiberstufen.

Die dritte Möglichkeit der Unterscheidung von Absorptionsmaschinen ist die Funktion. Neben der reinen Kältemaschine (Kaltwassersatz) besteht auch die Möglichkeit diese Technologie in Form einer Wärmepumpe einzusetzen.

Die Effizienz beziehungsweise die Leistungszahl definiert sich durch das Verhältnis von Nutzen geteilt durch den Aufwand (COP = Nutzen/Aufwand).

Am Beispiel eines Gasmotors (Abbildung 2) sieht man, wie die Effizienz des Gesamtsystems durch die geeignete Kopplung mit unterschiedlichen Absorptionskältemaschinentypen beeinflusst werden kann. Die thermische Effizienz, hier der COP, schwankt dabei zwischen 0,7 und ca. 1,3, je nach Maschinentyp.

Produktbaureihen und Einsatzbereiche

Die nachfolgende Abbildung zeigt ein Spektrum der angebotenen Lieferprogramme an Absorptionsmaschinen mit den jeweiligen Leistungsbereichen, Temperaturniveaus und Leistungsziffern.

Absorptionskältemaschinen

Wie man aus der Tabelle ableiten kann, bieten die Absorptionskältemaschinen die Möglichkeit, Kaltwassertemperaturen bis zu 0° Celsius je nach Antriebsmedium zu erzeugen.

Auf der Antriebsseite stehen diverse Heizmedien, wie anfänglich beschrieben, zur Verfügung.

Am vielfältigsten ist das Antriebsmedium Heißwasser. Bereits ab 65° Celsius kann mit der half effect Maschine „Kälte“ generiert werden.

Single effect double lift Maschinen ermöglichen bei Heißwassertemperaturen um die 90° Celsius hohe Spreizungen und niedrige Heißwasseraustrittstemperaturen von mindestens circa 55° Celsius und ermöglichen dennoch Kaltwassertemperaturen von bis zu 5° Celsius zu erzeugen.

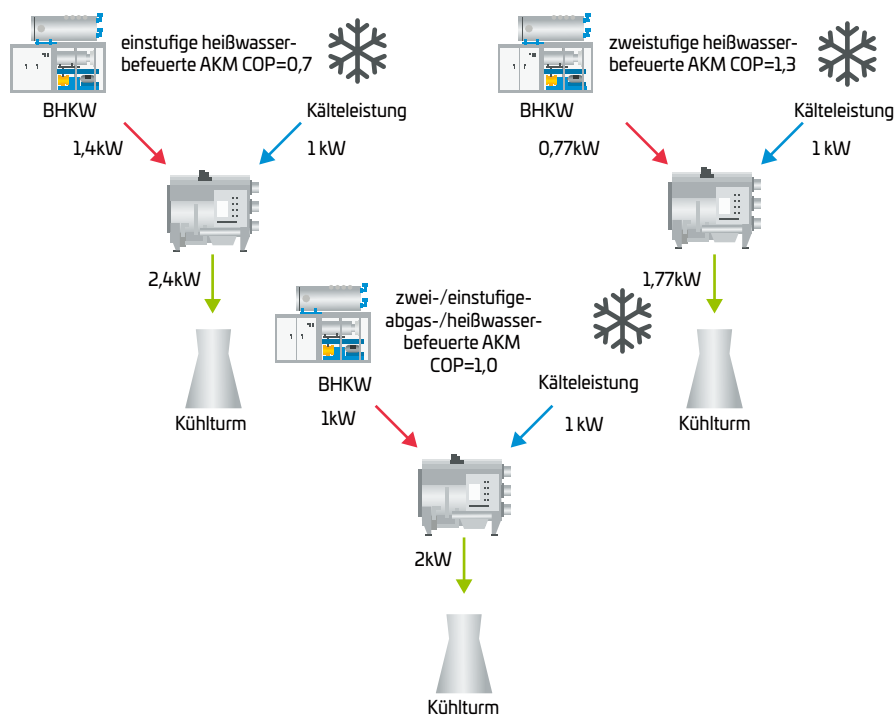


Abb. 2 | Energiebilanz BHKW-Absorber-Kopplung diverser Ausführungen

Über einstufige bis hin zu den zweistufigen Maschinen können Heißwassertemperaturen bis 180° Celsius genutzt werden.

Im Bereich Dampf können Dampfdrücke von 0,1 bar(ü) bis 8 bar(ü) als Antriebsdampf verwendet werden. Die maximale Überhitzung beträgt 10 Kelvin.

Abgas oder heiße Luft ist ab 250° Celsius einsetzbar und ermöglicht generell den Einsatz von zweistufigen Maschinen.

Speziell für die Kopplung mit Blockheizkraftwerken eignen sich die multi-energy beziehungsweise Hybridkältemaschinen. Sie ermöglichen die direkte Nutzung der Abgaswärme und separate Nutzung der Heißwasserwärme. Diese separate Nutzung von Abgas und Heißwasser ermöglicht eine um circa 25 Prozent höhere Kälteleistung als bei der herkömmlichen Kopplung eines Blockheizkraftwerks mit einer einstufigen heißwasserbefeuerter Maschine.

Der Vollständigkeit halber sei noch die direktbefeuerte Absorptionskältemaschine erwähnt. Diese spielt, da Sie direkt mit der Kompressionskältemaschine, die mit Strom angetrieben konkurriert, eine eher untergeordnete Rolle in Europa. Dies liegt in allererster Linie an dem Verhältnis von

Strom- zu Gaspreis und den jeweiligen Leistungsziffern der Geräte.

Anwendungsmöglichkeiten Absorptionskältemaschinen

In welchen Bereichen können Absorptionskältemaschinen eingesetzt werden:

Prinzipiell dort, wo Kaltwassertemperaturen zwischen 0° Celsius und circa 25° Celsius benötigt werden und gleichzeitig Abwärme (in den zuvor beschriebenen Qualitäten), in Form von kostenloser Abwärme oder günstigem Lieferpreis (Fernwärme etc.) zur Verfügung steht.

In der energieintensiven Industrie können dies beispielsweise folgende Bereiche sein:

- **Gummi- und Kunststoffindustrie:** Vorgänge wie thermoformen, pressen und spritzgießen etc.
- **Maschinenbau:** Ölkühlung, Kühlung von Druckluft, Werkzeugmaschinen, Pressen und Formung etc.
- **Chemie und Pharma:** Laborkühlung, Lösungsmittelkühlung, Farbenkühlung sowie Medikamentenkühlung etc.
- **Metallverarbeitung:** Stahlherstellung, Verarbeitung und Umwandlung von Edel-

Übersicht: Produktbaureihen und deren Einsatzbereich								
Heizmedium		Baureihe	Antriebstemperatur/ Druck Eintritt	Antriebstemperatur Austritt	Kaltwasser/ Quelle	Kühlwasser/ Senke	Leistungs- bereich	COP
Heißwasser	1-stufig	HSA	80°C–150°C; kleine Spreizung	>68°C	0°C–18°C Austritt	>18°C Eintritt	100kW–7MW	0,7-0,83
	1-stufig	HSB	80°C–150°C; große Spreizung	>65°C	0°C–18°C Austritt	>18°C Eintritt	100kW–7MW	0,7-0,83
	Half-effect	RXZIII	65°C–80°C	>50°C	0°C–18°C Austritt	>18°C Eintritt	100kW–10MW	0,4-0,5
	Single effect double lift	RXZIV	70°C–90°C große Spreizung	>55°C	0°C–18°C Austritt	>18°C Eintritt	100kW–10MW	0,5-0,7
	2-stufig	SRXZ	150°C–180°C	>140°C	0°C–18°C Austritt	>18°C Eintritt	100–10MW	1,3-1,5
Dampf	2-stufig	ST	3-8bar(ü) Überhitzung Dampf max. 10K	Kondensat <90°C	0°C–18°C Austritt	>18°C Eintritt	100kW–7MW	1,37-1,55
	1-stufig	SS	0,1-3bar(ü) Überhitzung Dampf max. 10K	Kondensat <90°C	0°C–18°C Austritt	>18°C Eintritt	100kW–7MW	0,8
Direkt befeuert Gas/Öl	2-stufig	DF	Erdgas/Öl etc.	–	0°C–18°C Austritt	>18°C Eintritt	100kW–7MW	1,25-1,42
Abgasbefeuert	2-stufig	YX	250°C–550°C	Auch heiße Luft möglich	5°C–18°C Austritt	>18°C Eintritt	100kW–7MW	1,4-1,5
	1-/2-stufig	YRX	Abgas 250°C/550°C Heißwasser >80°C	>70°C	5°C–18°C Austritt	>18°C Eintritt	100kW–7MW	0,95-1,1
Wärmepumpe Typ I	1-stufig Dampf	XRI	1-8bar(ü) Überhitzung Dampf max. 10K	Kondensat <90°C	30°C–60°C Eintritt	<95°C Austritt	500kW–100MW	1,6-1,8
	2-stufig Dampf	SXRI	4-8bar(ü) Überhitzung Dampf max. 10K	Kondensat <90°C	25°C–40°C Eintritt	<60°C Austritt	500kW–100MW	2,3-2,4
	1-stufig direkt befeuert	XRIZ	Erdgas/Öl etc.	–	15°C–40°C Eintritt	50°C–90°C Austritt	500kW–20MW	1,6-1,7
	2-stufig direkt befeuert	SXRIZ	Erdgas/Öl etc.	–	30°C–40°C Eintritt	45°C–60°C Austritt	500kW–20MW	2,2-2,4
	1-stufig Heißwasser	XRIR	150°C–180°C	>140°C	30°C–60°C Eintritt	<95 Austritt°C	500kW–20MW	1,6-1,7
Wärmepumpe Typ II	1-stufig Heißwasser	XRII	70°C–130°C	ca. 60°C	70°C–170°C Austritt	>18°C Austritt	500kW–20MW	0,4-0,5

Tab. 1 | Übersicht Produktbaureihen und deren Einsatzbereich

metallen sowie Aluminiumbearbeitung und Verarbeitung

- **Kraftwerke:** Gasturbinen Kühlung der benötigten Ansaugluft zur Erhöhung der Turbineneffizienz (circa 0,5 Prozent je 1° Celsius Lufttemperatur) etc.

Absorptionswärmepumpen

Im Bereich der Kompressionsmaschinen gibt es neben den klassischen Kältemaschinen auch Maschinen zum Heizen, die als Wärmepumpen bezeichnet werden. Diese gibt es auch im kleinen Leistungsbereich, wo sie mittlerweile den Einzug in Einfamilienhäuser gefunden haben.

Auch in der Absorptionstechnik gibt es neben den Absorptionskältemaschinen die noch nicht allorts bekannten Absorptionswärmepumpen.

Im Bereich der Absorptionswärmepumpen unterscheidet man zwei Arten von Wärmepumpen. Es handelt sich hierbei um die Wärmepumpen Typ I und Typ II.

Beschäftigen wir uns zuerst mit der Absorptionswärmepumpe Typ I.

Absorptionswärmepumpe Typ I

Bei der Wärmepumpe Typ I handelt es sich um die „klassische“ Form einer Wärmepumpe. Wie bei der konventionellen Kompressionswärmepumpe auch, wird auf einem niedrigen Temperaturniveau (Quelle) Wärme zugeführt und auf mittlerem Temperaturniveau (Senke) die Wärme abgegeben.

Bei der Kompressionswärmepumpe wird hochwertiger Strom als Antriebsenergie

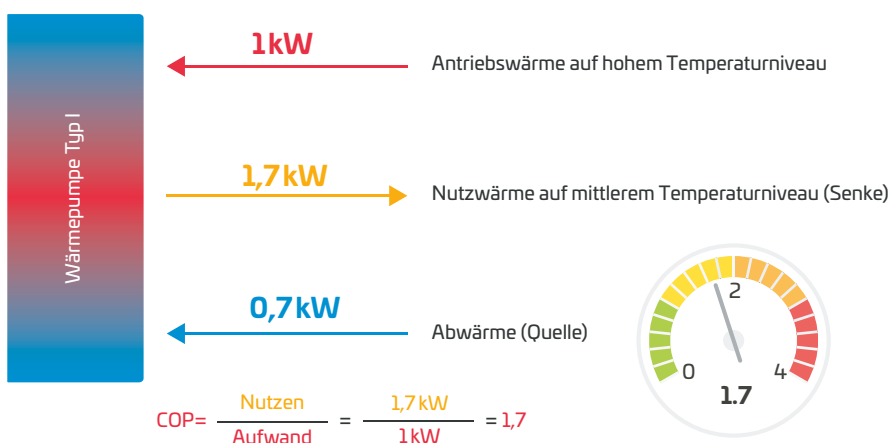
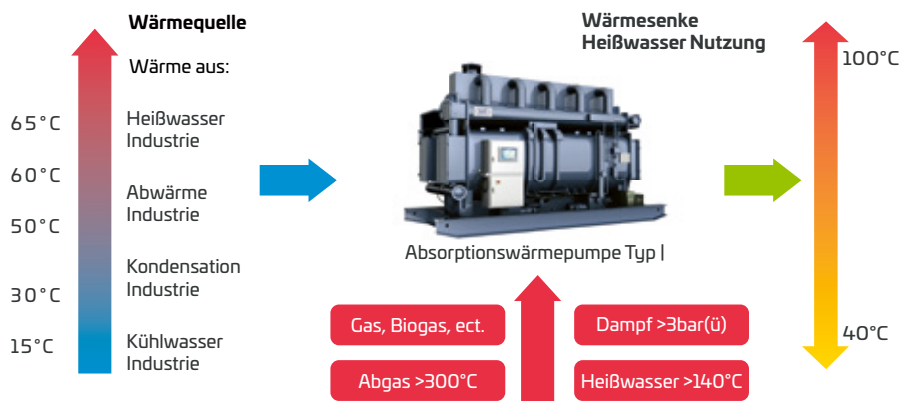


Abb. 3 | Temperaturniveau der Absorptionswärmepumpe Typ I



Das erreichbare Senkentemperaturniveau ist immer ein Zusammenspiel aller drei Medienseiten.

Es gilt:

1. Wärmequellenniveau hoch Wärmesenkenniveau hoch
2. Antriebswärmeniveau hoch Wärmesenkenniveau hoch

Abb. 4 | Einsatzbereich Wärmepumpe Typ I

verwendet, während bei der Absorptionswärmepumpe Wärme auf Hochtemperaturniveau zugeführt wird.

Die durchschnittliche Leistungsziffer (COP) beträgt dabei circa 1,7. Demzufolge werden für jedes zugeführte Kilowatt Antriebsenergie 1,7 Kilowatt Nutzwärme erzeugt.

Wärmepumpen vom Typ I können sowohl einstufig als auch zweistufig sein. Es stellt sich nun die Frage, welche Unterschiede beziehungsweise Vor- und Nachteile aus-schlaggebend sind?

Der Hauptunterschied liegt in der Leistungsziffer und der erreichbaren Nutz- (Heiz) Temperatur.

Der Vorteil der zweistufigen Absorptionswärmepumpe liegt in der höheren Leistungsziffer, von durchschnittlich 2,3 bis 2,4 gegenüber 1,7 der einstufigen Wärmepumpe Typ I. Dennoch kommen hauptsächlich einstufige Wärmepumpen Typ I zum Einsatz. Woran liegt das?

Ursache hierfür ist die erreichbare maximale Nutzwärmetemperatur der einstufigen Wärmepumpe Typ I die bei circa 95° Celsius liegt. Demgegenüber stehen lediglich circa 60° Celsius der zweistufigen Wärmepumpe Typ I gegenüber.

Abbildung 4 ermöglicht den gleichzeitigen Blick auf alle 3 Seiten der Absorptionswärmepumpe Typ I.

Die Absorptionswärmepumpe Typ I. Auf der Quellenseite liegt das typische Niveau für die Absorptionswärmepumpe im Bereich von circa 15° Celsius bis 65° Celsius. Diese Wärmequelle kann von Kühltürmen, Heißwasser der Industrie etc. kommen.

Auf der Senkenseite können, in Abhängigkeit der Quellentemperatur, Temperaturen bis knapp 100° Celsius erzeugt werden. Abschließend sind die dafür notwendigen beziehungsweise möglichen Antriebsenergieformen aufgeführt.

Anwendungsmöglichkeiten der Wärmepumpe Typ I

Die Anwendungsmöglichkeiten für die Absorptionswärmepumpe Typ I sind vielfältig. Nachfolgend einige Beispiele.

- Speisewasser Vorwärmung für Kesselwasser
- Prozessheizung
 - Überall dort, wo Kühlwassertemperaturniveau sowie Hochtemperaturniveau vorhanden ist
 - Automobilindustrie
 - Lackierstraßen circa 90° Celsius erforderlich
 - Warmwasserbereitung allgemein
- Nachheizregister für die Luftbehandlung
- Alle anderen Prozesse die Quelltemperaturen ab circa 25° Celsius zur Verfügung haben und Nutzwärmeniveaus von circa 50° Celsius bis 95° Celsius benötigen

Eine in der letzten Zeit immer interessanter werdende Anwendung sind Wärmepumpen vom Typ I, die als Wärmequelle die Rauchgaskondensation nutzen.

Dabei wird Rauchgas unter die Kondensationstemperatur ausgekühlt und die somit freiwerdende Kondensationswärme genutzt.

Gegenüber einer Brennstofftrocknung, die im Schnitt nur eine circa 2 – 4 prozentige Verbesserung des Feuerungswirkungsgrades bringt, können hier Steigerungen von circa 25 bis 30 Prozent erreicht werden. Es entfällt zudem die aufwendige Trocknung des Brennstoffes.

Die Absorptionswärmepumpe Typ I hilft hier, wenn keine natürliche Niedertemperaturquelle vorhanden ist und die gebundene latente Wärme des Rauchgases sonst nicht anderweitig genutzt werden kann, die Niedertemperaturabwärme zu verwenden.

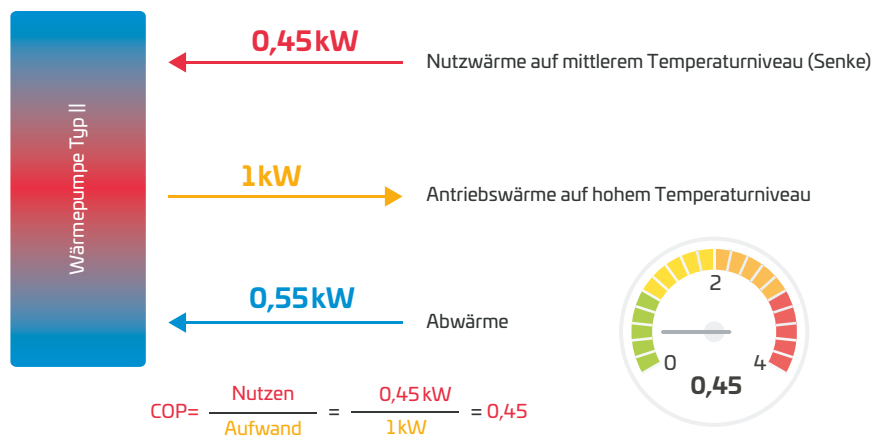
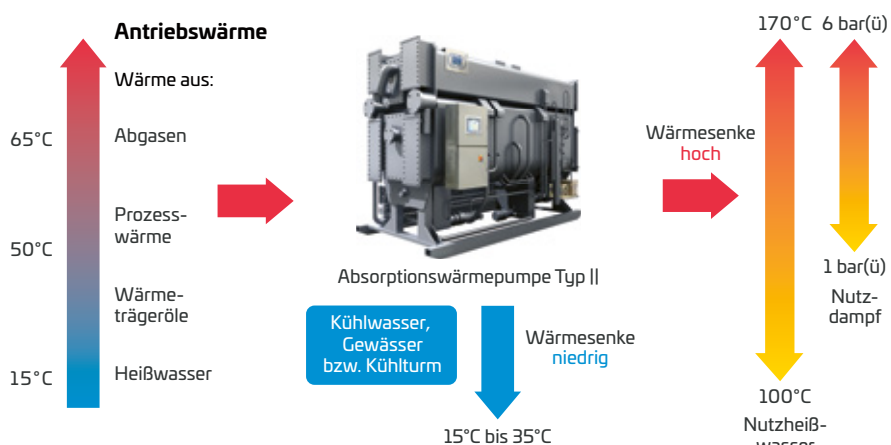


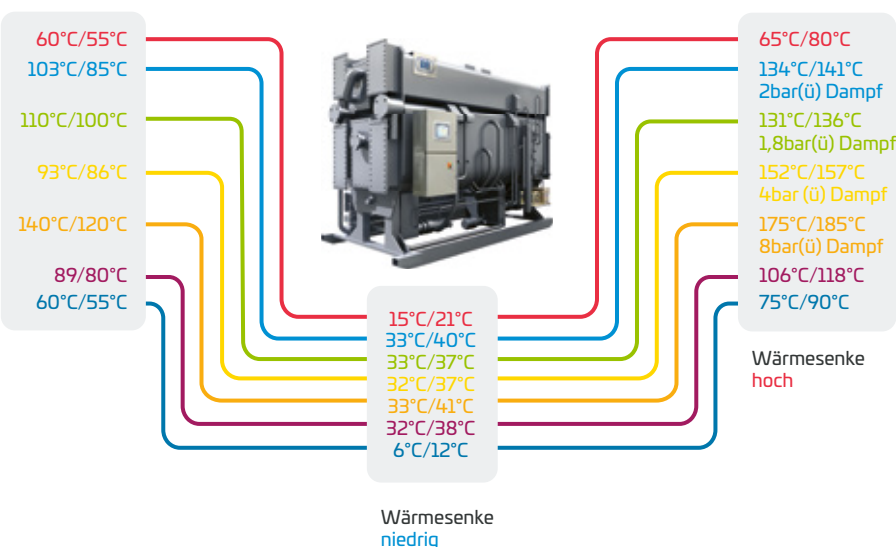
Abb. 5 | Temperaturniveau der Absorptionswärmepumpe Typ II



Das erreichbare Senkentemperaturniveau (hoch) ist immer ein Zusammenspiel aller drei Medienseiten.

Es gilt:
 1. Wärmeequellenniveau hoch ↑ Wärmesenkenniveau hoch ↓

Abb. 6 | Bildliche Zusammenhänge der drei Temperaturpaarungen



Daten gleicher Farbe bilden jeweils einen kompletten Datensatz

Abb. 7 | Auslegungsbeispiele Absorptionswärmepumpe Typ II

Es wird dadurch aktiv dazu beigetragen, die Gesamteffizienz des Kraftwerkes (Systems) zu verbessern, da die Abgasaustrittstemperatur damit aktiv heruntergekühlt werden kann und nicht ungenutzt bleiben muss.

Absorptionswärmepumpe Typ II

Die Absorptionswärmepumpen vom Typ II stellen eine außergewöhnliche und interessante Variante unter den Absorptionswärmepumpen dar.

Um diese Funktion besser verstehen zu können, erklärt nachfolgende Abbildung die Besonderheit dieses Typs.

Es fällt einem sofort die Leistungsziffer von 0,45 auf und es stellt sich sofort die Frage, was dies denn für eine Art Wärmepumpe ist. In der Kompressionstechnik gibt es nichts Vergleichbares.

Eine Wärmepumpe mit einer Leistungsziffer von ca. 0,45 muss anderweitige Vorteile haben, damit sie eine Daseinsberechtigung hat.

Schaut man sich die Abbildung an, kann man Folgendes erkennen.

Die Antriebswärme wird auf mittlerem Temperaturniveau zugeführt und im Gegenzug

auf niedrigem und hohem Temperaturniveau gleichzeitig wieder abgeführt. Das hohe Temperaturniveau ist gleichzeitig auch die Hochtemperatursenke (Nutzen), während auf niedrigem Temperaturniveau eine weitere Senke (Abwärme und in der Regel Verlust) existiert. Diese Abwärme liegt normalerweise auf einem typischen Kühlturmniveau.

Die erzeugte Nutzwärme liegt, gemäß vorherigen Erläuterungen auf einem höheren Temperaturniveau als die Antriebswärme.

Man könnte die Wärmepumpe hiermit als eine Art Temperaturbooster bezeichnen.

Da jedoch die Temperatur ohne Zufuhr von Energie nicht von einem Körper niedriger Temperatur auf einen Körper höherer Temperatur fließt, ist hierfür die externe Zufuhr von Antriebsenergie notwendig.

Ähnlich den Wärmepumpen vom Typ I haben wir auch hier eine Antriebsseite, aber auf mittlerem Temperaturniveau. Bei der Wärmepumpe Typ II handelt es sich hier typischerweise nur um Heißwasser.

Der maximale Lift (Hub) liegt in etwa bei 50° Celsius. Soll heißen, dass die Austrittstemperatur maximal circa 50° Celsius über der Eintrittstemperatur liegen kann. Dies wird aber natürlich auch die Niedertemperaturwärmesenke (Kühlturmniveau) beeinflusst.

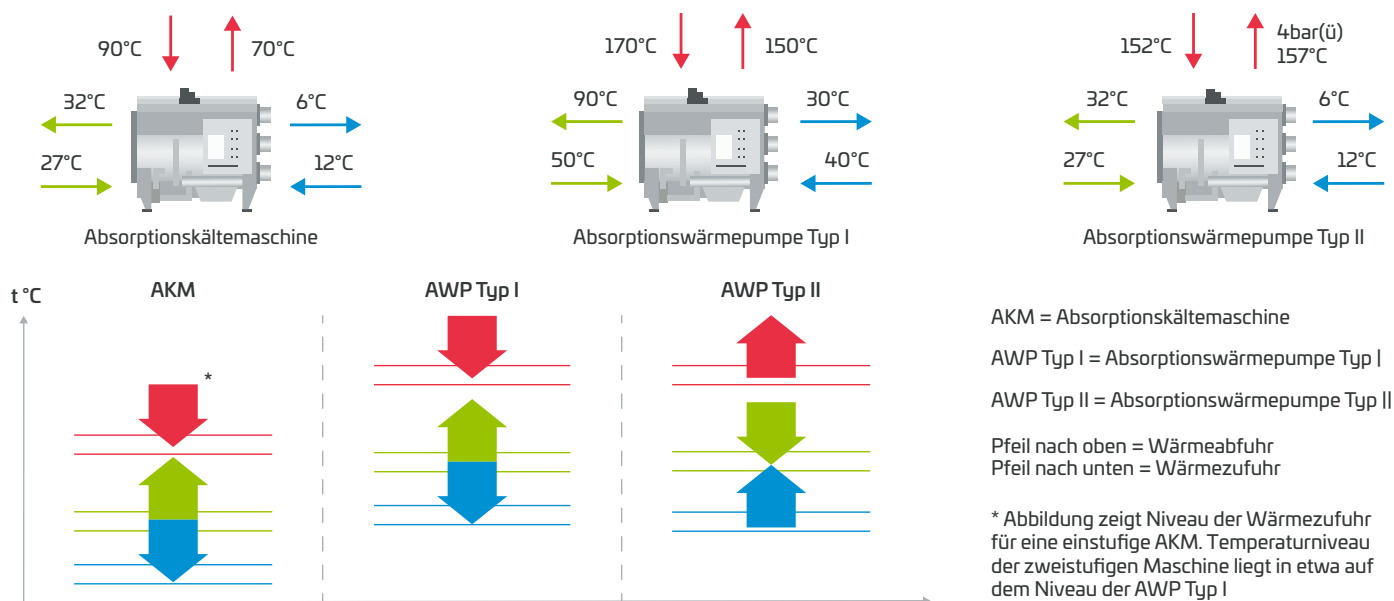
Die maximal erzeugbare Temperatur auf der Hochtemperatursenkenseite liegt in etwa bei 170° Celsius. Alternativ kann man unter Verwendung eines flash tanks auch Dampf erzeugen.

Abbildung 6 zeigt bildlich die Zusammenhänge der 3 Temperaturpaarungen.

Anwendungsmöglichkeiten der Wärmepumpe Typ II

Die Anwendungsmöglichkeiten für die Absorptionswärmepumpe Typ II sind vielfältig. Nachfolgend einige Beispiele.

Überall dort wo folgende Bedingungen vorherrschen beziehungsweise gegeben sind:



AKM = Absorptionskältemaschine
 AWP Typ I = Absorptionswärmepumpe Typ I
 AWP Typ II = Absorptionswärmepumpe Typ II
 Pfeil nach oben = Wärmeabfuhr
 Pfeil nach unten = Wärmezufuhr
 * Abbildung zeigt Niveau der Wärmezufuhr für eine einstufige AKM. Temperaturniveau der zweistufigen Maschine liegt in etwa auf dem Niveau der AWP Typ I

Abb.8 | Temperaturniveaus verschiedener Maschinentypen

Wärmequelle

Wärmequellenniveau von circa 80-120° Celsius als Antriebsenergie, sofern das Antriebstemperaturniveau unterhalb von 80° Celsius liegt, ist eine Wärmeabfuhr im Niedertemperaturbereich von circa 25° Celsius und darunter erforderlich (selten machbar)

- Prozesskondensat
- Geothermiewasser
- Kondensat aus Dampf von Dampfturbinen etc.

Nutzwärme (Senke)

- Trocken gesättigter Dampf (circa 1,0-6,0 bar(ü))
- Heißwasser (110° Celsius – 170° Celsius)

Verflüssigungswärme

In der Regel auf Kühlturmniveau erforderlich (optional als Niedertemperaturwärme nutzbar)

Abbildung 6 zeigt, zum besseren Verständnis, beispielhaft diverse Auslegungstemperaturpaarungen. Sie geben einen guten Überblick über die Möglichkeiten der Absorptionswärmepumpe Typ II.

Vergleich der Temperaturniveaus von Absorptionskältemaschinen und Absorptionswärmepumpen

Abbildung 7 vergleicht die durchschnittlichen Temperaturprofile einer Absorptionskältemaschine und den Absorptionswärmepumpen Typ I und Typ II.

Die Absorptionskältemaschine hat, da die kalte Seite der Nutzen ist, verständlicherweise das niedrigste Temperaturniveau auf der Quellenseite (blau Absorptionskältemaschine). Bei der Absorptionswärmepumpe Typ I sind praktisch alle drei Temperaturpaare parallel nach oben verschoben (im Vergleich zur Absorptionskältemaschine). Die Quelle der Absorptionswärmepumpe liegt in etwa auf Kühlturmniveau oder auch noch darüber.

Die Temperaturniveaus der Absorptionswärmepumpe Typ I und II sind in etwa (je nach Auslegungen) miteinander vergleichbar, jedoch sind Aufwand und Nutzen auf unterschiedlichem Temperaturniveau.

Bei der Wärmepumpe Typ I befindet es sich auf mittlerem (grün) und bei Wärmepumpe Typ II auf hohem Temperaturniveau (rot).

Chiller heat pump

Bei der chiller heat pump handelt es sich um eine Sonderform der Wärmepumps Typ I.

Die chiller heat pump Typ I kann gleichzeitig sowohl Kaltwasser von zum Beispiel 6° Celsius und Heißwasser von 90° Celsius erzeugen.

Sollten in einem Projekt ein gleichzeitiger Kühl- und Heizbedarf bestehen, ist diese Absorptionsmaschine die ideale Lösung. Der COP, bei gleichzeitiger Nutzung von Kälte und Wärme, beträgt zwischen 1,6 und 1,7.

Wird die kalte Seite nur als Quellenseite verwendet, ohne Nutzung für Prozesse, dann beträgt der COP im reinen Heizbetrieb circa 1,3.

Rückkühlung

Alle Absorptionskältemaschinen sowie die Absorptionswärmepumpe Typ II benötigen eine Rückkühlung mit Verdunstung.

Mit hohen Heißwassertemperaturen ab circa 130° Celsius, Dampf ab circa 0,5 bar(ü) sowie bei direktbefeuerten Maschinen wäre rein technisch eine trockene Rückkühlung möglich. Praktisch führt dies aber dazu, dass die Maschinen exorbitant groß, schwer und damit teuer werden, so dass die absolute Mehrheit der Maschinen mit einer Verdunstungskühlung betrieben werden.

Wird beispielsweise das Kühlwassertemperaturniveau von 27° Celsius / 32° Celsius auf 40° Celsius / 45° Celsius angehoben, geht die Kälteleistung zum gleichen Zeitpunkt um circa 80 Prozent zurück.

Zusammenfassung

Im Zeichen der erneuerbaren Energien und zur Erfüllung des Klimaschutzgesetzes stellen Absorptionsmaschinen eine interessante Lösung beziehungsweise Möglichkeit dar.

Mit Ausnahme der heißwasserbefeueten Absorptionskältemaschine sind die allermeisten Maschinentypen allerdings noch nicht sehr bekannt.

Da die Investitionskosten höher als bei den herkömmlichen Kältemaschinen beziehungsweise Wärmepumpen sind, kommt es demzufolge immer auf die zugrundeliegenden Energiepreise an.

Gerade aber, wenn Abwärme günstig oder als Abfallprodukt zur Verfügung steht, sind diese Maschinen prädestiniert.

Das Kältemittel Wasser ist in jedem Fall ein Bonus für diese Maschinen und ermöglicht es allen Diskussionen bezüglich der sonst üblichen synthetischen Kältemittel aus dem Wege zu gehen.

Die Maschinen sind ferner sehr robust und unempfindlich.

Regelmäßige Wartungen und Pflege der Maschinen sind jedoch eine Grundvoraussetzung, um Lebenszeiten von circa 20 Jahren zu erreichen. 🌱



© Mario Schleith

Dipl. Ing. Mario Schleith
Projekt- und Vertriebsingenieur
Absorptionstechnik

Rütgers & Co. KG
T: +49 621 8796-152
M: +49 172 2976281

ABSORPTIONSKÄLTEMASCHINEN UND WÄRMEPUMPEN FÜR INDUSTRIELLE ANWENDUNGEN

ENERGIEQUELLEN



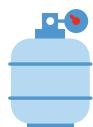
Dampf
0,1 bar (ü) bis 8 bar (ü)



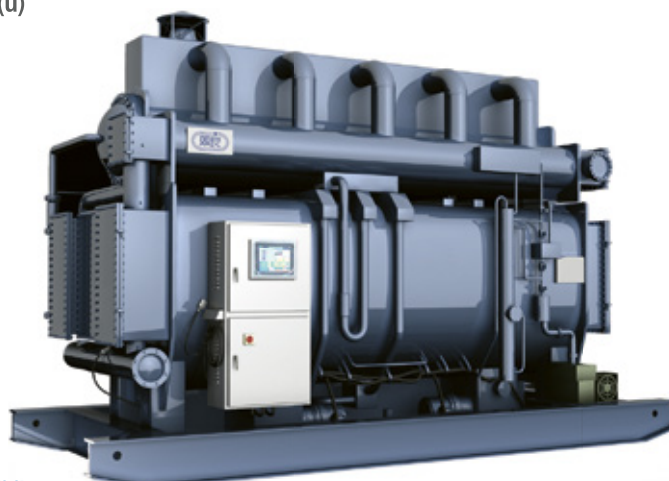
Heißwasser
65 °C bis 180 °C



**Abgas
bzw. heiße Luft**
250 °C bis 550 °C



Gas-/Öl-Befuerung
Erdgas, Biogas bzw. Öl



ANWENDUNG



Heizen
Wärmepumpe Typ I
und Typ II
40 °C bis 170 °C



Kühlen
Kaltwassersatz
0 °C bis 25 °C



Chiller heat pump
Simultanes Kühlen
5 °C bis 25 °C
Simultanes Heizen
40 °C bis 95 °C

rütgers
kälte:klima

www.ruetgers.com