

# Solare Klimatisierung – Techniken und Energiemanagement

## Einleitung

Klimatisierung von Gebäuden beinhaltet:

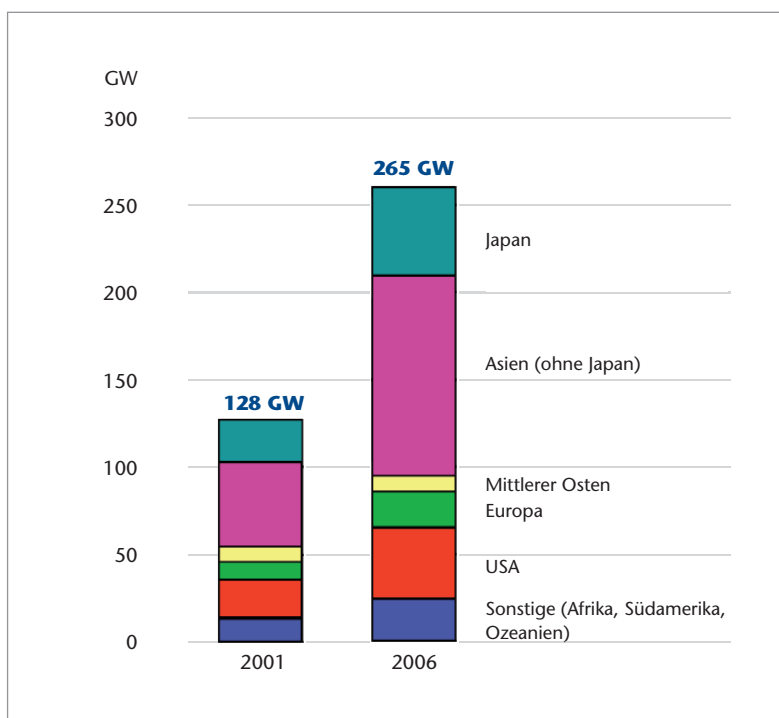
- eine Absenkung von Zulufttemperatur
- die Einstellung der Zuluftfeuchte und
- die Einstellung der operativen Temperatur von Innenräumen auf Werte im Behaglichkeitsfeld

Der Markt für die Gebäudeklimatisierung wächst weltweit stark an aufgrund wachsenden Bedarfs, steigender Ansprüche an das Innenklima, der Industrialisierung warmer Regionen, der Zunahme interner Wärmequellen in Gebäuden (Ausstattung mit Computern, elektrischen Geräten) und des aktuellen architektonischen Trends zu verglasten Gebäudehüllen. Dem überlagert ist eine Zunahme der sommerlichen Extremtemperaturen in mittleren Breiten, die den Klimatisierungsbedarf zusätzlich erhöht.

Da die Gebäudeklimatisierung heute zu mehr als 90 % durch elektrische Energie gedeckt wird, erzeugt der steigende Klimatisierungsbedarf neben einem Anstieg des Primärenergiebedarfs Strombedarfsspitzen im Sommer. Sie bestimmen, insbesondere in südlichen Ländern, den maximalen Leistungsbedarf an Elektrizität.

Abbildung 1 zeigt den weltweiten Anstieg der installierten Klimatisierungsleistung von 2001 bis 2006 [1]. Die Verdoppelung von ca. 130 GW auf mehr als 260 GW entspricht einer Zunahme von ca. 15 % pro Jahr. Die Folgen dieses stark steigenden Leistungsbedarfs sind Versorgungsengpässe in konventionell versorgten elektrischen Netzen verbunden mit erhöhten Risiken eines Netzausfalls.

Der Einsatz solar gestützter Verfahren zur Gebäudeklimatisierung ist eine viel versprechende Alternative zur konventionell strombe-



Wolfgang Schölkopf  
ZAE Bayern  
schoelkopf@  
muc.zae-bayern.de)

Thomas Brendel  
Universität Stuttgart  
Institut für Thermodynamik und  
Wärmetechnik (ITW)  
Pfaffenwaldring 6  
70550 Stuttgart  
brendel@  
itw.uni-stuttgart.de

Edo Wiemken  
Fraunhofer ISE  
Edo.Wiemken@  
ise.fraunhofer.de

Dr. Michael Krause  
Fraunhofer IBP  
michael.krause@  
ibp.fraunhofer.de

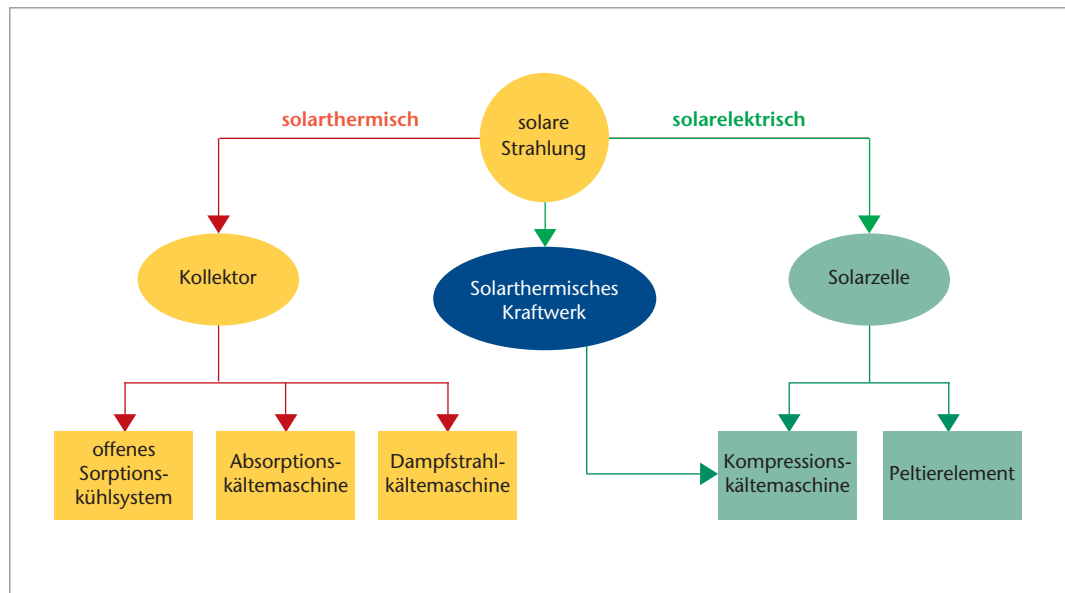
Dr. Thomas Nunez  
Fraunhofer ISE  
tomas.nunez@  
ise.fraunhofer.de

Abbildung 1  
Weltweit installierte  
Kühlleistung nach  
Regionen in  $GW_{el}$  [1]

Grafik ZAE Bayern

Abbildung 2  
Pfade der solaren  
Klimatisierung

Grafik: ZAE Bayern/  
Hoch3 GmbH



triebenen Klimatisierung, da das solare Angebot gut mit dem Bedarfsprofil an gebäudlicher Klimatisierung übereinstimmt und damit keine großen Speicherkapazitäten erfordert.

Grundsätzlich müssen hier sowohl der solarelektrische Pfad (Photovoltaik-Anlagen, solarthermische Kraftwerke) als auch der solarthermische Pfad (Wärme angetriebene Prozesse) betrachtet werden (Abbildung 2).

In diesem Artikel werden nur solarthermisch angetriebene Klimatisierungsverfahren behandelt, da sie eine einfache Integration von Speichern auf der warmen und/oder auf der kalten Seite des Systems zulassen und das Stromnetz um wenigstens eine Größenordnung weniger als die elektrisch angetriebene Klimatisierung belasten. Da Angebotsprofil und Bedarfsprofil grundsätzlich übereinstimmen, sind die im System vorzuhaltenden Speicher klein und werden häufig be- bzw. entladen. Die hohe Zyklenzahl erlaubt den wirtschaftlichen Einsatz von teuren und damit auch leistungsfähigen Speichertypen.

Solarelektrische Verfahren könnten zukünftig eine wichtigere Rolle spielen, da sie heute in erster Linie aus wirtschaftlichen Erwägungen ausgeschlossen werden. Steigt die Elektrizitätsbereitstellung aus erneuerbaren Energiequellen z. B. mit solarthermischen Kraftwerken an, so wird die elektrische Klimatisierung zur interessanten Alternative, da sie heute schon solare

Strahlung effizient in Klimakälte umwandeln und anlagentechnisch einen breiten Leistungsbereich abdecken kann. In den Ländern des Sonnengürtels speisen dann solarthermische Kraftwerke in das Stromnetz ein und erfüllen mit ihrem Angebotsprofil die oben angesprochene Kohärenz gleichermaßen.

Für dezentrale Anwendungen sind Kombinationen aus photovoltaischen Generatoren und kleinen Kompressionskälteanlagen interessant, wenn PV-Generatoren billiger werden, denn Kompressionskälteanlagen sind heute schon unter energetischen Gesichtspunkten eine erstzunehmende Konkurrenz für thermisch angetriebene Anlagen.

## Solare Kühlungs- und Klimatisierungstechniken

Aktuell steht eine breite Palette thermisch angetriebener Verfahren für den solaren Einsatz zur Verfügung. Bislang werden allerdings nur zentrale solarthermische Anlagen zur Klimatisierung kompletter Gebäude bzw. Gebäudeteile erprobt, da es kaum kleine Anlagen zur Klimatisierung von Einzelräumen gibt.

Es sind zwei verschiedene Techniken nach eingesetztem thermodynamischen Verfahren und eingesetztem Kältemittel zu unterscheiden. Zum einen geschlossene Verfahren, die kaltes Wasser

als Betriebsmedium zur Verfügung stellen. Zum anderen offene Sorptionsverfahren, die mit der Atmosphäre verbunden sind und kühle Luft der entsprechenden Temperatur mit eingestellter Feuchte bereitstellen. Unter Sorption ist hier die Anlagerung eines Kältemittels, z. B. Wasser, an ein zweites Material zu verstehen. Im Fall der Anlagerung an eine Flüssigkeit spricht man von **Absorption**, die Anlagerung in porösen Festkörpern wird als **Adsorption** bezeichnet. In beiden Fällen geht das Lösungsmittel eine mehr oder weniger starke reversible Bindung ein, die unter Zufuhr von Wärme wieder gelöst werden kann.

### 1. Geschlossene Kältemaschinen

In Kältemaschinen mit geschlossenem Arbeitsmittelkreislauf wird Kaltwasser bei Temperaturen von üblicherweise 6 bis 12 °C bereitgestellt, das zur Raumklimatisierung genutzt werden kann. Die drei wichtigsten Techniken sind:

- Absorptionskältemaschinen
- Adsorptionskältemaschinen
- Dampfstrahlkältemaschinen

Bei Absorptions- und Adsorptionsmaschinen werden Zweistoffgemische aus Kältemittel und Sorptionsmittel eingesetzt, um eine thermische Verdichtung des Kältemittels zu erreichen.

Die Dampfstrahltechnik ist ein mechanisches Verfahren, das ebenfalls mit Wärme angetrieben wird und nur einen Stoff nutzt. Wesentlicher Bestandteil der Maschine ist ein Strahlverdichter. Dort wird mit einem Treibmedium Kältemitteldampf vom Verdampferdruckniveau auf das Kondensatordruckniveau gefördert. Im BINE-Informationsblatt „Klimatisieren mit Sonne und Wärme“ [2] ist das Verfahren genauer beschrieben.

Die geforderte Temperatur des Kaltwassers zur Raumklimatisierung wird wesentlich davon bestimmt, ob nur sensible Lasten (Temperaturabsenkung) oder auch latente Lasten (Absenkung der Feuchte) vorliegen. Zur Behandlung latenter Lasten muss die Luft mit Temperaturen gekühlt werden, die unter dem angestrebten Taupunkt von ca. 10 bis 12 °C liegen. Da diese Temperatur unter der erwünschten Zulufttemperatur liegt, muss die Luft anschließend aus Gründen der Behaglichkeit wieder auf 20 bis 22 °C erwärmt werden. Bei dezentralen Umluft-

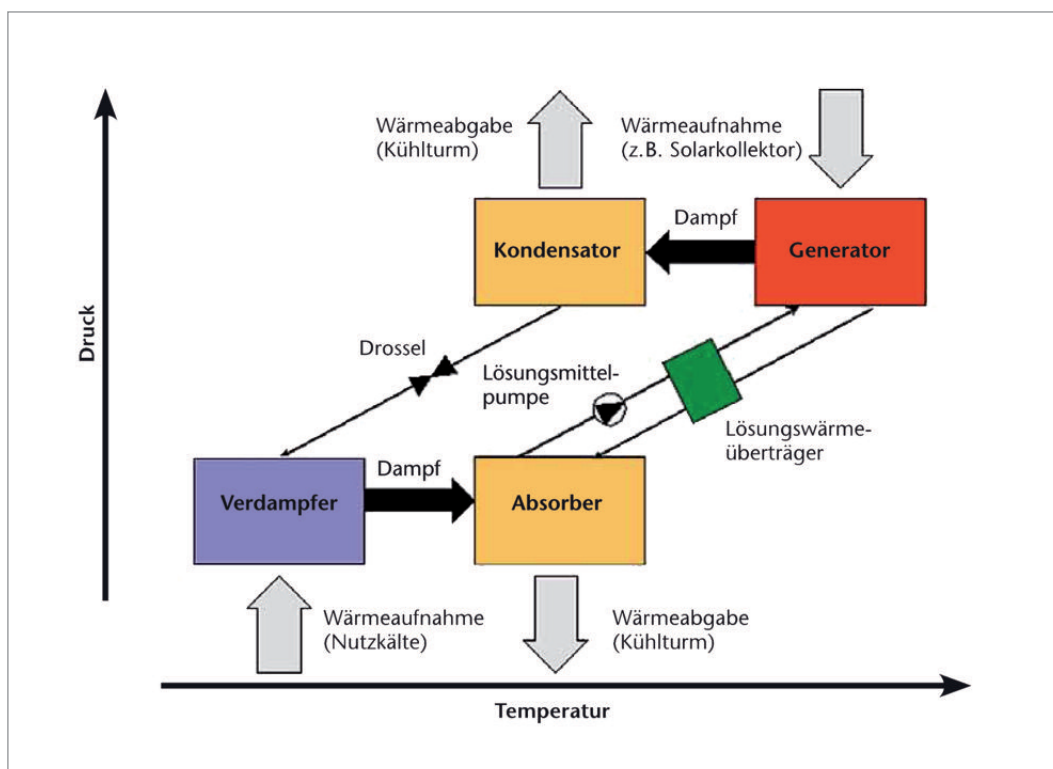


Abbildung 3  
Kreisprozess einer einstufigen Absorptionskälteanlage mit Stoffpaar Lithiumbromid (LiBr)/Wasser im stilisierten  $\log(p) - 1/T$  Diagramm

Grafik: Fraunhofer ISE

geräten wird die absolute Feuchte im Raum selbst reduziert. Für eine effiziente Luftentfeuchtung sind Kaltwassertemperaturen von 6 bis 9 °C erforderlich. Wird eine Kältemaschine nur zur Behandlung sensibler Lasten eingesetzt (Absenken der Temperatur) und/oder zur Flächenkühlung, so genügen meist Kaltwassertemperaturen zwischen 15–18 °C. Flächenkühlungen sind z. B. Kühldecken, Fußbodenkühlung oder Wandflächen mit integrierten Kühlregistern (Kapillarrohmatten), die die Strahlungstemperatur der Raumhülle erniedrigen und die Lufttemperatur absenken. Bei moderaten Kühllasten wird auch Bauteilkühlung oder Betonkernkühlung eingesetzt. Man nutzt dabei auch die hohe Speicherkapazität der massiven Gebäudekomponenten aus, um so die Spitzenleistung der Kühlanlage abzusenken.

*Abbildung 3* zeigt das Schema einer Absorptionskältemaschine. Diese Anlagen werden mit dem Stoffpaar Lithiumbromid/Wasser ausgeführt und sind heute für Großanlagen eine marktgängige Technik. Der Verdampfer befindet sich auf einem Druckniveau von ca. 10 mbar und der Kondensator auf ca. 90 mbar Druck. Das Kältemittel Wasser verdampft am Verdampfer bei 4–7 °C, diese Verdampfungswärme wird von einem äußeren Kältekreis aufgebracht und erzeugt so die nutzbare Kälteleistung. Der Kältemitteldampf wird im Absorber in konzentrierter LiBr-H<sub>2</sub>O-Lösung absorbiert. Die bei der Absorption freiwerdende Lösungswärme wird über einen Kühlturm an die Umgebung abgegeben. Das Lösungsmittel wird im flüssigen Zustand mit geringem Energieaufwand von der Lösungsmittelpumpe auf ein Druckniveau von ca. 90 mbar im Generator gefördert. Mit solar erzeugter Antriebswärme bei Temperaturen von 70–95 °C wird der Kältemitteldampf im Generator aus der LiBr-H<sub>2</sub>O-Lösung ausgetrieben. Die Verflüssigung des Kältemittels erfolgt im Kondensator ebenfalls durch Rückkühlung über den Kühlturm. Im nächsten Prozessschritt wird das Kältemittel nach der Drosselung auf das niedrige Druckniveau im Verdampfer erneut verdampft. Die im Generator gewonnene konzentrierte Lösung wird über einen Lösungswärmeübertrager in den Absorber zurückgeführt. Große Maschinen bis in die Leistungsklasse von 10 MW werden heute routinemäßig eingesetzt, da sie meist wirtschaftlicher als große Kompressionskälteanlagen sind und

mit Abwärme aus BHKW oder Fernwärme betrieben werden können.

Als Kälteleistungszahl oder COP (coefficient of performance) wird das Verhältnis von gelieferter Kälte zu eingesetzter Wärme bezeichnet. Für diese Leistungskennzahl ist wesentlich, bei welchen Temperaturen die Absorptionskältemaschine rückgekühlt und auf welchem Temperaturniveau die Nutzkälte angefordert wird. Im Allgemeinen gilt: je höher das Temperaturniveau der Nutzkälte und je niedriger die Rückkühltemperatur ist desto höher liegt der COP.

## 2. Offene Verfahren

Offene Verfahren arbeiten mit einer Kombination von sorptiver Luftentfeuchtung und Verdunstungskühlung. Im deutschsprachigen Raum werden sie als sorptionsgestützte Klimatisierung (SGK), englisch „Desiccative and Evaporative Cooling (DEC)“ bezeichnet. Bei offenen Verfahren ist das Kältemittel Wasser bei Umgebungsdruck in direktem Kontakt mit der Atmosphäre. Die offenen Sorptionsverfahren werden direkt in Lüftungsanlagen eingesetzt, die primär die Aufgabe haben, einen Raum mit Frischluft zu versorgen. Die Technik der offenen Sorption gestattet mit thermischer Antriebsenergie, diese Frischluft hinsichtlich Temperatur und Feuchte zu konditionieren und gleichzeitig den Raum mit frischer Luft zu versorgen. Damit geht ihre Funktion über die reine Kältebereitstellung hinaus, was einen direkten Vergleich mit geschlossenen Absorptionsanlagen, die Kaltwasser erzeugen, schwierig macht.

Die heute wichtigsten Typen von offenen Sorptionsanlagen nutzen Sorptionsrotoren (desiccant wheels) als zentrale Komponente zur Luftentfeuchtung. Für unterschiedliche Klimabedingungen sind unterschiedliche Ausführungen notwendig (Klassifizierung: feucht-heiß, trocken-heiß, moderat usw.). Der in mitteleuropäischen Klimaten anwendbare Standardzyklus mit Verdunstungskühlung nutzt zusätzlich die Eigenschaften der Abluft zur indirekten Kühlung der Zuluft und ist in *Abbildung 4* dargestellt in Anlehnung an [3]:

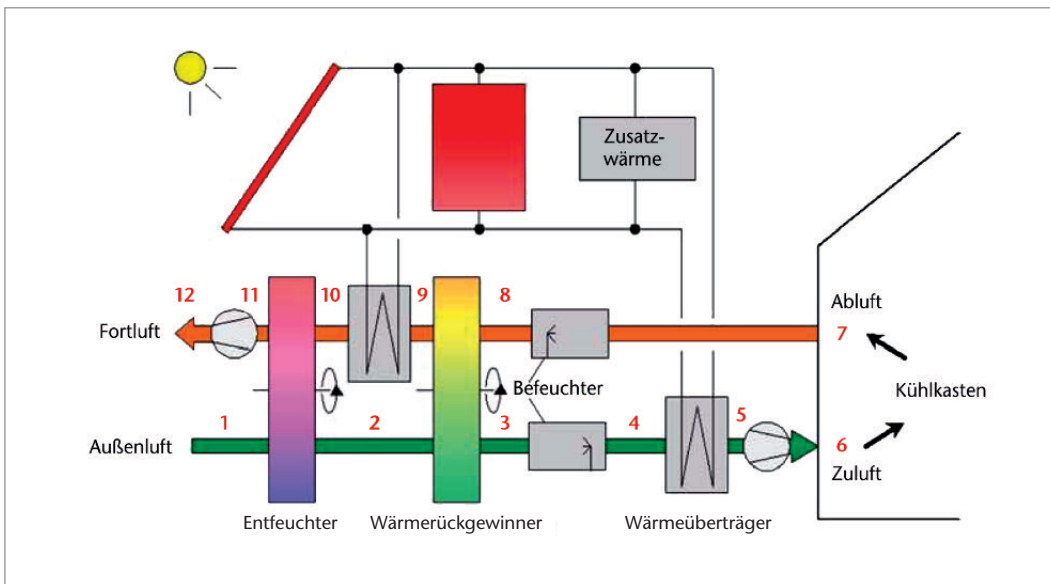


Abbildung 4  
Fließschema einer  
solaren, sorptions-  
gestützten Klimatisie-  
rungsanlage

Grafik: Fraunhofer ISE

- 1 → 2 Die Außenluft wird zunächst entfeuchtet und dabei durch die freiwerdende Sorptionswärme und Wärmeübertragung von der Abluftseite erwärmt;
- 2 → 3 Die Luft wird im Gegenstrom zur Abluft im Wärmerückgewinner vorgekühlt;
- 3 → 4 Mittels direkter Verdunstungskühlung wird die Luft durch Einsprühen von Wasser bei Zunahme der Feuchte abgekühlt;
- 4 → 5 Der Wärmeüberträger ist nur im Winter zur Lufterwärmung erforderlich;
- 6 Mittels Ventilator in den Raum geförderte Zuluft wird durch interne Lasten im Raum (sensibel, latent) erwärmt und befeuchtet;
- 7 → 8 Die Abluft wird in einem adiabaten Befeuchter befeuchtet und dadurch abgekühlt;
- 8 → 9 Die Luft erwärmt sich im Gegenstrom zur Zuluft im Wärmerückgewinner;
- 9 → 10 Die bereits vorgewärmte Luft wird mittels extern zugeführter Wärme auf Regenerationstemperatur (ca. 60–80 °C) erwärmt;
- 10 → 11 Die Regenerationsluft entzieht dem Sorptionsmaterial im Rotor die auf der Zuluftseite zugeführte Feuchte.

Üblicherweise haben große Sorptionsrotoren Frequenzen von 8 bis 12 Umdrehungen pro Stunde. Die dafür nötige Antriebsenergie ist vernachlässigbar.

Energetisch interessant ist, dass dieselben Anlagen, die im Sommer zur Klimatisierung genutzt werden, im Winter zur Wärmerückgewinnung und ggf. auch zur Feuchterückgewinnung eingesetzt werden können. Damit werden dieselben Systemkomponenten synergetisch zur Energieeinsparung und der Klimatisierung mit erneuerbarer Energie genutzt. Andere Verfahren arbeiten mit flüssigen Sorptionsmitteln oder innovativen Komponenten der Feststoffsorption. Weitere Details zu den Verfahren sowie eine Übersicht zur Thematik insgesamt gibt beispielsweise ein Themen-Info des BINE Informationsdiensts [2].

## Systemauswahl

Welche Anlagentechnik wo eingesetzt werden kann, um solare Wärme zur Raumklimatisierung zu nutzen, hängt von den speziellen Rahmenbedingungen ab. Entscheidende Kriterien sind:

- klimatische bzw. meteorologische Bedingungen
- Art der Kühllasten (latent, sensibel, interne oder Ventilationslasten)
- Nutzeranforderungen
- zentrale, mechanische Lüftungstechnik
- Beschaffenheit der Gebäudehülle

**Tabelle 1**  
Leistungsdaten von marktgängigen Typen geschlossener Sorptionskälteanlagen

Verfahren	Absorptionskältemaschinen		Adsorptionskältemaschine	
Sorptionsmittel	Lithiumbromid (LiBr)		Wasser	Silikagel
Arbeitsstoff	Wasser		Ammoniak	Wasser
Anzahl Stufen	1-stufig	2-stufig	1-stufig	1-stufig
Antriebstemperatur	60 – 90 °C	160 – 180 °C	80 – 120 °C	60 – 90 °C
Kälteleistungszahl (COP)	0,6 – 0,8	1,0 – 1,3	0,3 – 0,7	0,4 – 0,6
Angebotener Leistungsbereich	7,5 kW bis 5 MW	Einige Typen < 50 kW bis zu einige MW	großanlagen-anwenderorientiert	5 – 500 kW

Die beiden letzten Aspekte entscheiden darüber, ob es sinnvoll ist, eine Zu-/Abluft-Anlage zu installieren.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Leistungsdaten von marktgängigen mit Wärme angetriebenen Klimatisierungsanlagen. Sie zeigt, dass beim Einsatz hochwertiger Wärme von 150–180 °C zweistufige LiBr-Anlagen möglich werden, die Kälteleistungszahlen größer 1 erreichen, und dass Absorptionsanlagen mit dem Stoffpaar LiBr-H<sub>2</sub>O mit verhältnismäßig geringen Temperaturen und guten COP betreibbar sind.

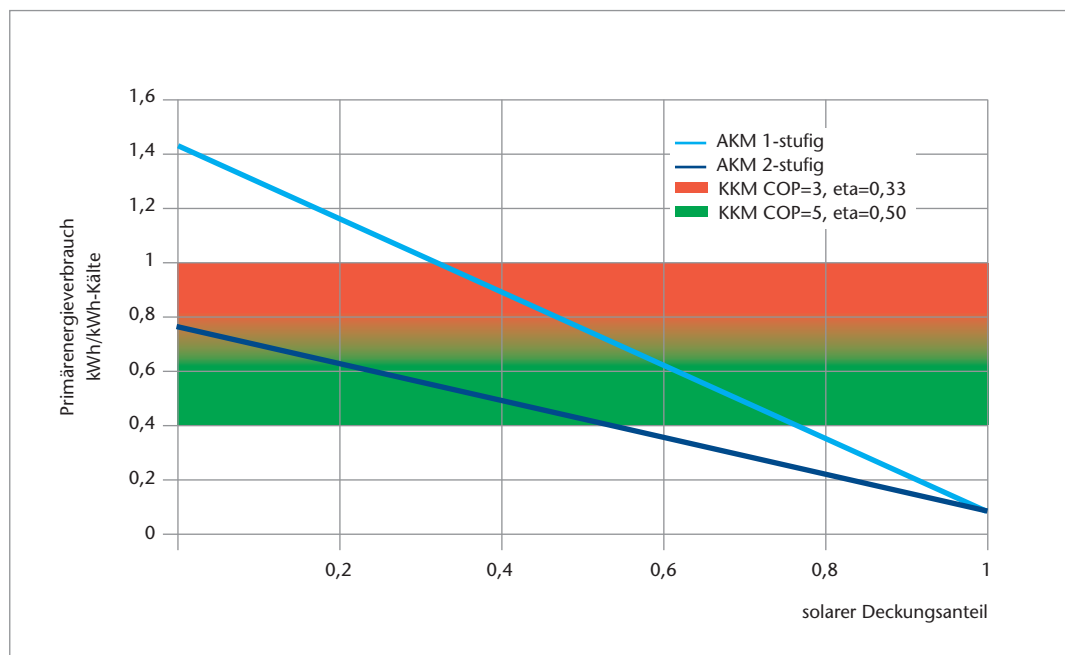
Kompressionsanlagen werden ebenfalls durch eine Kälteleistungszahl charakterisiert. Sie ist dort auch das Verhältnis von gelieferter Kälte zur eingesetzten elektrischen Leistung. Sie erreichen

Kälteleistungszahlen zwischen 3 und 5, brauchen allerdings elektrische Energie, die vorher mit wesentlichen Umwandlungsverlusten erzeugt wurde. Um einen Vergleich beider Techniken zu ermöglichen, müssen sie unter primärenergetischen Aspekten betrachtet werden.

Solar gestützte Klimatisierungsanlagen können wegen des fluktuierenden Angebots solarer Strahlungsenergie meist nicht den kompletten Klimatisierungsbedarf decken. Deshalb werden zusätzliche Wärmequellen, wie z. B. ein Gasbrenner, eingesetzt, um eine volle Abdeckung des Klimatisierungsbedarfs zu gewährleisten. Bei solchen Anlagen wird der solare Deckungsanteil zur wichtigen Kenngröße des Systems.

Vergleicht man mit Wärme angetriebene Systeme mit Systemen, die zur Kälteerzeugung

**Abbildung 5**  
Primärenergievergleich von Absorptionskälteanlage und Kompressionskälteanlage. COP im Diagramm ist die Kälteleistungszahl der Kompressionsanlage. (COP-Werte der Tabelle 1 für LiBr-Anlagen angesetzt) eta = Wirkungsgrad der Elektrizitätserzeugung  
AKM = Absorptionskälteanlage  
KKM = Kompressionskälteanlage



elektrisch angetriebene Kompressionskältemaschinen einsetzen, so muss auf den Primärenergieaufwand zurück gerechnet werden. Damit sind die Konversionsverluste bei der Bereitstellung elektrischer Energie berücksichtigt. In *Abbildung 5* ist dieser Vergleich grafisch dargestellt. Im Bereich von rot nach grün steigt der Wirkungsgrad der Elektrizitätserzeugung  $\eta$  von 0,33 auf 0,50 und der COP der Kompressionskälteanlage von 3 auf 5 an.

Aus dem Diagramm lässt sich direkt ablesen, dass eine **einstufige Absorptionskälteanlage** erst ab einem solaren Deckungsanteil von 0,30 einen geringeren Primärenergiebedarf hat als eine Kompressionsanlage bei ungünstiger Elektrizitätserzeugung ( $\eta = 0,33$ ) und mit schwacher Kälteleistungszahl ( $COP = 3$ ). Bei günstiger Elektrizitätsbereitstellung ( $\eta = 0,50$ ) und guter Kälteleistungszahl ( $COP = 5$ ) muss sie sogar mindestens einen solaren Deckungsanteil von 0,75 erreichen, um Primärenergie einzusparen.

Die **zweistufige Absorptionsanlage** spart dagegen bei ungünstiger Elektrizitätserzeugung immer Primärenergie ein und gewinnt gegen die Kombination von sehr günstiger Elektrizitätserzeugung und guter Kältemaschine ab einem solaren Deckungsanteil von 0,50.

2006 waren in Europa knapp 100 Anlagen installiert, die solarthermische Kollektoren für die solare Gebäudeklimatisierung einsetzen. Die meisten der Anlagen wurden in Deutschland und Spanien realisiert. Die insgesamt installierte Kälteleistung lag dabei unter 10 MW und die hierfür installierte Kollektorfläche bei ca. 20.000 m<sup>2</sup>.

Rund zwei Drittel der Anlage setzen Absorptionskältemaschinen ein, der Rest verteilt sich auf Adsorptionskältemaschinen und offene Sorptionskühlverfahren. Im Rahmen eines unter dem Dach der Internationalen Energie-Agentur (IEA) durchgeführten, internationalen Projektes zur solaren Klimatisierung wurde ein Entscheidungsbaum entwickelt, der die Auswahl geeigneter Anlagen für die entsprechende Anwendung erleichtert. Das gesamte Dokument mit Anwendungsbeispielen kann von der Internetseite des IEA-Projekts geladen werden [4].

## Auslegung

Der Mittelwert der spezifischen Kollektorfläche aller Anlagen beträgt rund 2,9 m<sup>2</sup>/kW. Ein Wert von 3 – 3,5 m<sup>2</sup>/kW kann als Anhaltspunkt für thermisch angetriebene Kältemaschinen gelten. Bei den offenen Verfahren ist eine Angabe bezogen auf die Luftmenge üblicher. Hier hat sich ein Wert von 8 – 10 m<sup>2</sup> pro 1000 m<sup>3</sup>/h installierter Luftleistung als sinnvolle Größenordnung herausgestellt. Diese Werte sind nur grobe Anhaltspunkte und ersetzen nicht eine der Aufgabe angepasste Anlagenauslegung. So hängt die Auslegung beispielsweise entscheidend von der anteiligen Verteilung der Kühllasten (innere Lasten, äußere Lasten) ab und auch von dem Anspruch mit der solaren Installation einen Beitrag zur Heizlastdeckung des Gebäudes beizutragen. Im Einzelfall kann deshalb die Kollektorfläche um den Faktor 2 größer sein als die oben genannten Richtwerte.

Beispiel einer Anlage zum Heizen und Kühlen: Am ZAE Bayern in Garching läuft im Rahmen eines Feldversuchs seit 2007 eine einstufige LiBr-Maschine mit der Kältenennleistung von 10 kW [5]. Sie kühlt im Sommer Teile des Institutsgebäudes und unterstützt die Heizung in der Heizperiode. Die Kühlung erfolgt über Deckensegel und betrifft eine Teilfläche von ca. 500 m<sup>2</sup>. Der Beitrag zur Heizung bezieht sich auf eine beheizte Fläche von ca. 1500 m<sup>2</sup>. Das Heizsystem ist in den Laborbereichen 50 °C (Radiatoreheizung) auf 50 °C Vorlauftemperatur und in dem Bürobereich 34 °C (Deckenheizung) ausgelegt. Das Kollektorfeld hat insgesamt 56 m<sup>2</sup> Fläche und ist auf dem Flachdach des Gebäudes installiert.

Im Kühl- und Heizbetrieb wurden im Betriebsjahr 2007/08 ungefähr 35 % solare Deckung erreicht. Anzumerken ist, dass in dieser Installation nicht der solare Deckungsanteil im Vordergrund stand, vielmehr ging es um die Erprobung der LiBr-Kühlanlage und die Erprobung einer neuen Art der trockenen Rückkühlung. In diesem Rückkühlsystem wird während des ca. zehnstündigen Kühlbetriebs nur ein Teil der Rückkühlenergie über den Trockenkühler an die Umgebung abgegeben. Der größere Anteil der rückzukühlenden Wärme wird in einem 2 m<sup>3</sup> großen CaCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O-Latentwärmespeicher in der

eigentlichen Betriebsphase gespeichert und danach in den restlichen 14 Stunden, vorwiegend also nachts, an die Umgebung abgegeben. Diese Art der Rückkühlung braucht kein Kühlwasser, vereinfacht das System und eliminiert den bei nassen Rückkühlwerken notwendigen Wartungsaufwand. Der Latentwärmespeicher hat im Temperaturbereich von 25–35 °C eine aktive Speicherkapazität von 60 kWh/m<sup>3</sup> und kann sowohl im Sommer zur Unterstützung der Rückkühlung als auch im Winter als Pufferspeicher für die Heizung eingesetzt werden. Die damit erreichbare hohe Zyklenzahl rechtfertigt den zusätzlichen Investitionsaufwand für den Speicher im Rückkühlkreis. Genaue Leistungs- und Betriebsdaten sind in [6] dargestellt

[6] M. Helm, B. Pötz, C. Keil, S. Hiebler, H. Mehling, C. Schweigler: Solar Heating and Cooling System with Low Temperature Latent Heat Storage – Energetic Performance and Operational Experience. Proceedings of Int. Sorption Heat Pump Conference 2008, Seoul, Korea.

## Literatur

- [1] U. Eicker, Potentiale Solarthermischer Kühlung, Vortrag 5. Symposium Solares Kühlen in der Praxis, Stuttgart, 2008
- [2] Henning, H.-M. (Autor); Meyer, F. (Redaktion): Klimatisieren mit Sonne und Wärme, BINE Informationsdienst; Themen-Info I/04
- [3] Henning, H.-M. et al, Solare Kühlung und Klimatisierung – Belüftung und Wärmehückgewinnung, FVS Themen 2005, Wärme und Kälte aus Sonne und Erde
- [4] Decision Scheme for the Selection of the Appropriate Technology Using Solar Thermal Air-Conditioning – Guideline Document. IEA Solar Heating and Cooling Programme, Task 25: Solar-assisted air conditioning of buildings. [www.iea-shctask25](http://www.iea-shctask25).
- [5] Kühn, A., Harm, M., Kohlenbach, P., Petersen, S., Schweigler, C., Ziegler, F.: Betriebsverhalten einer 10 kW Absorptionskälteanlage für die solare Kühlung. KI Luft- und Kältetechnik, (41. Jahrgang) 7/2005, S. 263–266.