

Eisspeicher

- Spitzenlastsenkung
- Neubauten und Anlageerweiterungen
- Not-Kälte
- Geschmolzenes Eis als Wärmespeicher



Energiekosten drastisch reduzieren Das Problem der Spitzenlast

Die elektrische Spitzenlast in einem Gebäude ist durch die Summe aller gleichzeitig in Betrieb befindlichen elektrischen Geräte, Computer, äussere Wärmeeinflüsse, Personen, Frischluftzufuhr, Motoren, Beleuchtung, Kälteaggregate usw. bedingt. Die Kälteaggregate haben besonders dann eine relativ hohe elektrische Anschlussleistung, wenn Kälte nur kurzfristig oder nur tagsüber gebraucht wird, wie in Bürogebäuden und Produktionsanlagen mit 8-Stunden-Betrieb. Die Folge ist ein sehr hoher elektrischer Leistungsgrundpreis, den die Elektrizitätswerke für die Bereitstellung des Stromes verlangen.

Eisspeicher sind die effektivste Methode, um elektrische Lastkurven auszugleichen oder zu verschieben. Benötigt wird eine handelsübliche Kältemaschine mit wesentlich kleinerer Leistung als konventionell, die nachts, wenn der übrige Strombedarf im Gebäude minimal ist, Eis erzeugt und das in der Regel mit günstigem Nachtstrom. Das Eis wird in geschlossenen Speichern hergestellt und steht am folgenden Tag zur Verfügung.

Die Idee, Eis während der Nacht herzustellen und die dadurch gespeicherte Energie tagsüber zu verwenden, ist nicht neu. Das Konzept wurde schon früher für kurzfristigen Kältebedarf angewendet. Bedingt durch die heutige Energiesituation ist sowohl bei Endverbrauchern als auch bei Elektrizitätswerken grosses Interesse vorhanden, den erhöhten Tagesleistungsbedarf auf die nächtliche Schwachlastzeit zu verschieben.

CALMAC Eisspeicher sparen in mehrfacher Weise:

- Jährliche **Betriebskosten** durch Reduktion des Grundpreises (Spitzenlast)
- Anwendung des niedrigeren Nachtstromtarifes.
- Speicherung der Gebäudeabwärme während des Tages, Wiederverwendung dieser Abwärme zum Heizen der Gebäude nachts.
- **Investitionskosten:** Bei der Erweiterung bestehender Anlagen wird keine zusätzliche Kältemaschine benötigt, da die zusätzliche Leistung nachts durch Eisspeicher akkumuliert werden kann. Die erforderliche Leistung der Kältemaschine beträgt nur noch ungefähr 50%. Kälte- und Klimaanlage sind täglich oft nur 8 Stunden eingeschaltet, während die Calmac Eisspeicher während 24 Stunden in Betrieb sind (Laden und Entladen).

CALMAC Eisspeicher können im Gebäude, auf dem Dach, oder im Freien aufgestellt oder im Boden eingegraben werden.

Bei konventionellen Klimaanlage spricht man von benötigter Kälteleistung in kW, bei Kältespeichern dagegen von kWh. Fig. 1 zeigt eine theoretische Kühllast von 100 kW während 10 Std., oder anders ausgedrückt von 1000 kWh Kühlenergie. Jedes der 100 Felder in Fig. 1 entspricht somit 10 kWh.

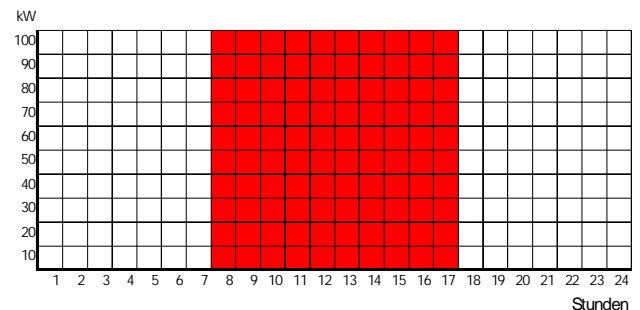


Fig. 1

In der Praxis benötigen Klimaanlage tagsüber selten 100 % Kühlleistung. Bedarfsspitzen treten in der Regel nachmittags zwischen 14 00 und 16 00 Uhr auf, wenn die Ausseneinflüsse hoch sind. Fig 2 zeigt einen typischen Verlauf der Kühllast eines Gebäudes im 10-Stunden Betrieb.

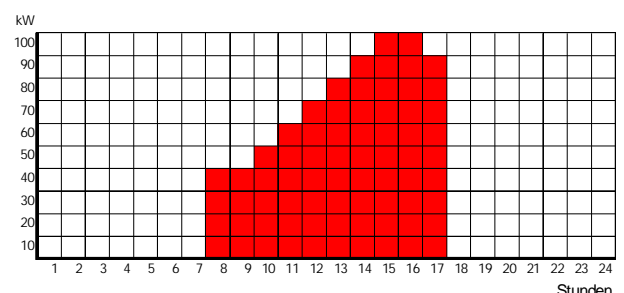


Fig.2

Die 100 kW Kälteleistung werden also nur während 2 der 10 Betriebsstunden benötigt. Während den übrigen 8 Stunden ist der Bedarf kleiner. Die wirkliche Kühlenergie beträgt somit 720 kWh (72 Quadrate zu je 10 kWh). Um die 100 kW Spitzenbedarf bewältigen zu können, ist eine Kältemaschine von 100 kW Leistung notwendig. Der Durchschnittsfaktor ist definiert als Verhältnis zwischen wirklichem Kältebedarf und der total zur Verfügung stehenden Kälteenergie.

$$\text{Durchschnitts- faktor (\%)} = \frac{\text{wirklich benötigte kWh}}{\text{total verfügbare kWh}} = \frac{720 \text{ kWh}}{1000 \text{ kWh}}$$

Diese Kältemaschine hat somit einen Durchschnittsfaktor von 72%. Sie kann 1000 kWh erzeugen, auch wenn nur 720 kWh benötigt werden. Ein niedriger Faktor entspricht einer ungünstigen Kostennutzung der Klimaanlage.

Teilt man den kWh-Bedarf eines Gebäudes durch die Betriebsstunden der Kältemaschine, so erhält man die mittlere Kühlleistung des Gebäudes während der Kühlperiode. Wenn die Stunden vom Spitzenbedarf mit Stunden niedrigen Bedarfs ausgeglichen, d.h. verschoben werden, so kann die Kältemaschine kleiner dimensioniert werden. Dadurch wird ein Durchschnittsfaktor von 1.0 erreicht mit einer bedeutend günstigeren Kostennutzung.

Voll- oder Teilspeicherung

Volllastspeicherung

In Anlagen mit unterschiedlichen kWh-Tarifen kann die Tages-Kühllast (Hochtarif) in die Niedertarifperiode (nachts) verschoben werden, wie in Fig. 3 gezeigt. Mit der Kältemaschine wird in den Eisspeichern nachts Eis produziert und gespeichert, um während des Tages die benötigte Kühlenergie von 720 kWh zu liefern. Die mittlere Kälteleistung wird auf 51.4 kW reduziert (720 kWh : 14 h = 51.4 kW), was die Grundlastgebühr bedeutend reduziert.

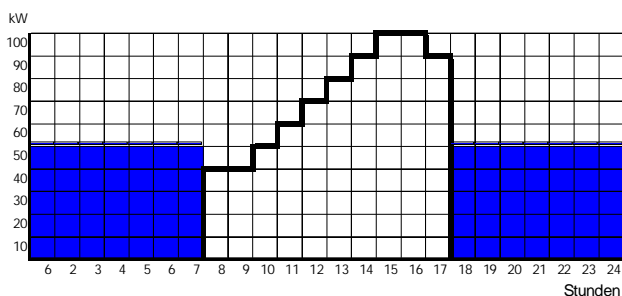


Fig. 3

Teillastspeicherung

Die Teillastspeicherung wird in neuen Anlagen als praktisch und kostengünstige Methode empfohlen. Dabei ist die Kältemaschine während 24 Stunden in Betrieb. Die Eisspeicher werden nachts aufgeladen. Die Kühllast der Verbraucher wird tagsüber von den Eisspeichern mit Unterstützung der Kältemaschine gedeckt.

Durch Verlängerung der Betriebszeiten von 14 auf 24 Stunden wird die niedrigst mögliche mittlere Kälteleistung erreicht (720 kWh : 24 h = 30 kW), wie die Fig. 4 zeigt. Die Grundlastgebühr kann nochmals erheblich vermindert und die Leistung des Kaltwassersatzes in der Regel um 50-60% reduziert werden.

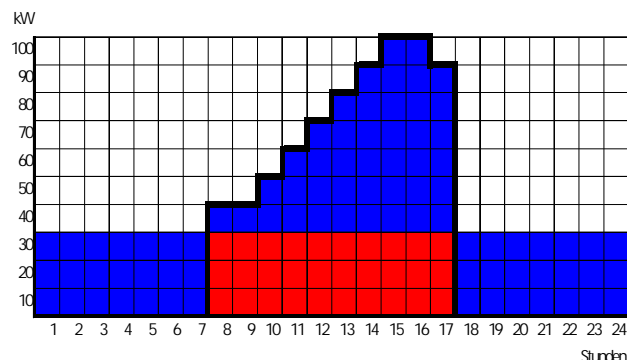


Fig. 4

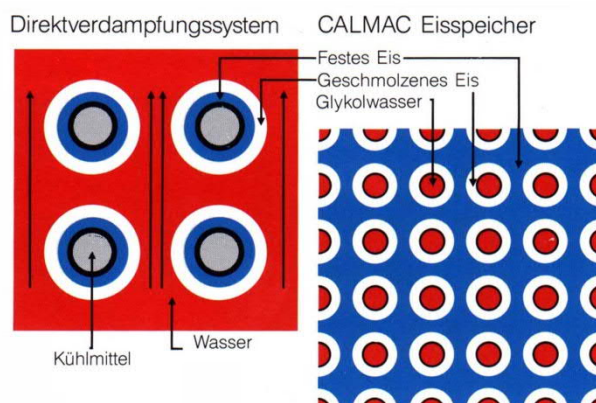
Vorteile des CALMAC Systems

Als Speichermedium wird Eis anstelle von Wasser verwendet. Die Schmelzwärme von Eis **speichert 80 mal mehr Energie** je kg als die spezifische Wärme von Wasser bei 0 °C. Der Raumbedarf für CALMAC Systeme beträgt deshalb nur ungefähr 1/10 gegenüber Wasserspeichern, ein wichtiger Faktor, da Raum meistens knapp ist. Die Schmelzverluste von gespeichertem Eis sind sehr gering (weniger als 1/2% pro Tag), da Eis selbst ein sehr guter Isolator ist.

Der Wasser-Glykolkreis ist ein geschlossenes, unter Druck stehendes System. Das Wasser-Glykol kommt nie in direkten Kontakt mit dem gespeicherten Eis und muss weder aufbereitet noch gefiltert werden. Zwischen den Verbrauchern und den Eisspeichern ist prinzipiell kein Wärmetauscher erforderlich.

Entladevorgang im Vergleich zu einem Direktverdampfungssystem:

- Direktverdampfungssystem: Eis schmilzt von aussen nach innen.
- CALMAC System: Eis schmilzt von innen nach aussen



CALMAC Eisspeicher haben einen sehr hohen **Leistungs-Wirkungsgrad**. Bei Eisspeichersystemen mit Direktverdampfung gefriert Wasser direkt auf den Kältemittelrohren. Dabei kann sich Eis bis 8 cm Dicke bilden und bleibt auf den eingetauchten Rohren im Speicher haften. Da dieses Wasser zu den Verbrauchern gepumpt wird, muss zwischen den Rohren des Wärmetauschers genügend Zwischenraum für das zirkulierende Wasser bleiben, weshalb die Eisdicke dauernd überwacht werden muss, um völliges Gefrieren zu verhindern, was zu einem totalen Ausfall der Anlage führen würde. Ungleichmässiges Abschmelzen verursacht zudem ungleichmässigen Wasserfluss (Weg des geringsten Widerstandes), weshalb dieses System von Zeit zu Zeit völlig abgetaut und stillgelegt werden muss. Beim CALMAC System ist keine Eisdicke-Überwachung notwendig. Durch die dichtere Rohranordnung ist der Platzbedarf geringer, die Wärmeübertragungsfläche und somit auch die Leistungsabgabe grösser.

Eis wird getrennt vom Verdampfer gespeichert. Dadurch kann die Verdampferleistung während des Tagbetriebes zur Unterstützung des gesamten Kühlbedarfes eingesetzt werden (Teilspeicherung). Eine handelsübliche Kältemaschine kann hierbei doppelt genutzt werden:

- Nachts zum Laden der Eisspeicher (zB. -4/-1 °C)
 - Tagsüber zum Kühlen des Gebäudes (zB. +13/+7°C)
- Der Wirkungsgrad der Kältemaschine liegt dabei tagsüber etwas höher als nachts.

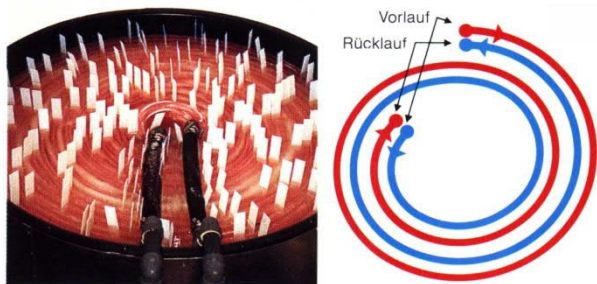
Es ist kein zusätzlicher Verdampfer für diese Tag-Nacht-Umschaltung erforderlich. Die Installation ist einfach, schnell und kostengünstig. Die Eisspeicher sind kompakt gebaut, **ohne rotierende Teile**, vollständig werkgebaut und werkgeprüft. Das Lieferwerk gibt 10 Jahre Materialgarantie. Die Speicher können innerhalb oder ausserhalb von Gebäuden plaziert werden.

Wie funktioniert das CALMAC System?

CALMAC Eisspeicher bestehen aus:

- einem mit Wasser gefüllten Behälter
- einem mit Wasser-Glykol durchflossenem Wärmetauscher, plaziert im Behälter und von Wasser umgeben.

Sowohl Behälter wie Wärmetauscher sind aus Polyethylen gefertigt.



CALMAC Gegenstromprinzip

Laden: Nachts zirkuliert zwischen der Kältemaschine und dem Wärmetauscher im Eisspeicher ein Wasser-Glykolgemisch, dessen Temperatur unterhalb des Gefrierpunktes liegt (min. -3 °C). Dadurch wird alles Wasser im Speicher zu Eis gefroren. Die im Gegenstrom angeordneten Wärmetauscherrohre ermöglichen eine gleichmässige Eisbildung.

Beim Gefrierprozess kristallisiert das Wasser im ganzen Speicher gleichmässig, beginnend an der Oberfläche der Rohre. Dadurch werden Spannungen oder Beschädigungen der Speicher verhindert.

Entladen: Tagsüber kühlen die Eisspeicher das Wasser-Glykolgemisch auf die gewünschte Temperatur ab.

Während der Übergangszeit ist die Benützung des Eisspeichers tagsüber von Vorteil, da der Eisspeicher nachts mit günstigem Nachtstrom aufgeladen werden kann.

Anmerkung:

Das Wasserglykolgemisch wird bei der Eisproduktion durch die Kältemaschine auf min. -3 °C abgekühlt. Die Nominalleistung der Kältemaschine wird dadurch im Vergleich zum Tagbetrieb um ca. 30 % verringert.

Technische Daten:

Modell		1045	1082	1098	1190
Totale Speicherkap.	kWh	170	341	405	670
Rohroberfläche/kWh	m ²	0.34	0.34	0.34	0.34
Lat. Speicherkap.	kWh	144	288	345	570
Sens. Speicherkap.	kWh	26	53	60	100
Max. Betriebstemp.	°C	38	38	38	38
Max. Betriebsdruck	bar	6	6	6	6
Aussendurchmesser	mm	1880	1880	2262	2262
Höhe	mm	1167	2083	1730	2565
Gewicht, ungefüllt	kg	182	386	480	702
Gewicht, gefüllt	kg	1760	3765	4509	7598
Wasserinhalt (Eis)	l	1447	3084	3689	6336
Wasserinhalt (Glykol)	l	131	295	340	560

Druckverlust (25%Glykol, -3°C)

4,5 m ³ /h	bar	0,40	0,14	0,26	-
9,1 m ³ /h	bar	1,17	0,40	0,67	0,34
13,6 m ³ /h	bar	-	0,69	1,28	0,58
18,2 m ³ /h	bar	-	1,16	-	0,89