

Optimierung der Eiswasseranlage bei Emmi in Dagmersellen

# Eiswasser – idealer Kälteträger für die Milch verarbeitende Industrie

Günther Reiner, Luzern



*Eiswasser ist für die Milch verarbeitende Industrie der ideale Kälteträger: ungiftig, beste Wärmeübertragungs- und Transporteigenschaften, kostengünstig und überall verfügbar. Durch Eisspeicherung können hohe Kälteverbrauchsspitzen auch mit Kälteanlagen bewältigt werden, die nur für den Tagesmittelwert ausgelegt wurden. Eisspeicher passen sich sehr schnell wechselndem Kältebedarf an.*

Die Herausforderung beim Bau der Kälteanlage besteht darin, mit der Eiswassertemperatur möglichst nahe an den Gefrierpunkt von 0°C zu kommen, ohne ein Einfrieren eines Wärmeübertragers zu riskieren.

## Arten der Eiswasserverteilung

Im Wesentlichen können hier zwei verschiedene Arten unterschieden werden:

### Der offene Eiswasserkreislauf

Er wird meist kombiniert mit der Kälteerzeugung in Plattenverdampfern, die in offenen Becken aufgestellt werden (siehe nachfolgendes Kapitel) und ermöglicht, dessen Vorteile zu nutzen. Der Nachteil liegt darin, dass wegen der Verbindung zur Atmosphäre die Eiswasserbecken im obersten Stockwerk aufgestellt werden müssen, will man Vakuum im Kreislauf und die mit dem Eindringen von Luft verbundenen Probleme (schlechter Wärmeübergang, Korrosion) verhindern. Eine Aufstellung im obersten Stockwerk verursacht große bauliche Kosten und ist auch nicht immer möglich.

### Der geschlossene Eiswasserkreislauf

Er hat zwei Kreisläufe, die durch einen Wärmeübertrager voneinander getrennt sind. Der eine ist der Eiswasserkreislauf

zu den Verbrauchern und der andere der Glykolkreislauf mit den Kältemaschinen oder ein offener Eiswasserkreislauf mit Plattenverdampfern. Dadurch kann die Kälteerzeugung im Untergeschoss aufgestellt werden und der Eiswasserkreislauf in den oberen Stockwerken trotzdem unter Überdruck gehalten werden. Nachteilig sind die höheren Eiswassertemperaturen.

## Arten der Kälteerzeugung

Die Art der Kälteerzeugung ist eng mit der Art der Eiswasserverteilung verknüpft. Es lassen sich unterscheiden:

Kälteerzeugung in **offenen Eiswasserbecken**, in denen Plattenverdampfer (früher Rohrschlangen), aufgestellt sind. Im Inneren der Platten verdampft das Kältemittel, in Industrieanlagen meist Ammoniak. Um die Platten wird das Eiswasser abgekühlt oder zu Eis gefroren, um Kälte zu speichern (s. Bild 1).

Die Vorteile liegen neben dem robusten einfachen Betrieb und der hohen Ener-

## zum Autor

Ing. HTL **Günther Reiner**,  
Projektleiter bei  
Schmutz,  
Starkl + Partner AG,  
SSP Kälteplaner,  
Büro Luzern



gieffizienz darin, dass gefahrlos Eiswassertemperaturen zwischen 0 und 1°C erzeugt werden können. Ungünstig ist der notwendige offene Kreislauf mit dessen oben beschriebenen Nachteilen.

Kälteerzeugung durch **Kompaktkältemaschinen**, die einen Glykolkreislauf z. B. auf 1°C kühlen, womit dann in einem Wärmeübertrager Eiswasser auf z. B. 2°C abgekühlt wird. Die Eisspeicher bestehen hier meist aus glykoldurchströmten Kunststoffrohrrschlangen in einem offenen Wasserbehälter, bei denen das Eis um die Rohre aufgebaut und abgeschmolzen wird. (s. Bild 2).

Der Vorteil liegt darin, dass kostengünstigere Kompaktkältemaschinen verwendet werden können; der Nachteil, dass infolge des Temperaturverlustes im Wärmeübertrager bestenfalls Eiswassertemperaturen von 2°C erreicht werden können.

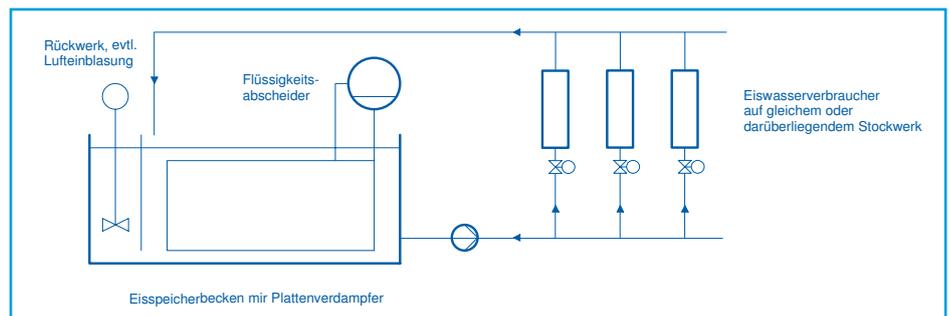


Bild 1 Eiswasserspeicher mit direkter  $\text{NH}_3$ -Verdampfung für im gleichen oder darüberliegenden Stockwerk befindliche Verbrauchernetze

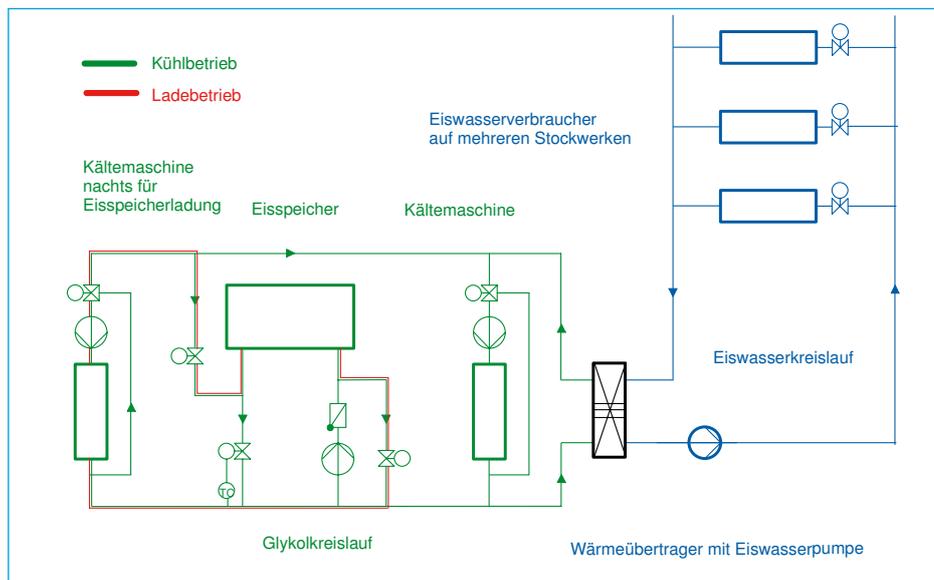


Bild 2 Kompaktkältemaschinen mit Eisspeicher und Wärmeübertrager zwischen Glykol- und Eiswasserkreislauf für mehrgeschossige Verbrauchernetze

### Voraussetzungen für niedrige Eiswassertemperaturen

Während es bei einem offenen Eiswasserkreislauf mit Kälteerzeugung in im Becken aufgestellten Plattenverdampfern kein Problem darstellt, Eiswassertemperaturen nahe dem Gefrierpunkt zu erzeugen, stellt dies bei geschlossenen Kreisläufen eine große Herausforderung dar. Die Aufgabe bei der hier vorgestellten Anlage von **Emmi Dagmersellen** lag darin, bei der bestehenden Anlage die Eiswassertemperaturen möglichst nahe an die gewünschten 2°C abzusenken.

Dazu wurden Maßnahmen getroffen, um folgende Bedingungen erfüllen:

- Stabiler Betrieb der Kältemaschinen mit möglichst geringen Temperaturschwankungen. Dies wurde erreicht, indem der Eisspeicher in den Rücklauf eingebunden wurde, damit er den Glykolrücklauf auf die Auslegungseintrittstemperatur der Kältemaschinen vorkühlt. Bei entladem Eisspeicher wird die Eintritts-

temperatur durch Mischventile vor den Glykolpumpen begrenzt.

- Sicherstellen, dass der Volumenstrom des Glykolkreislaufs möglichst immer größer ist, als jener des Eiswasserkreislaufs, um beim Wärmeübertrager eine minimale Temperaturdifferenz zwischen Glykol- und Eiswasser zu erzielen. Dies wird einerseits durch die entsprechende Regelung der Zuschaltung der Kältemaschinen und deren Glykolpumpen erreicht, die nicht nur den Kälteverbrauch berücksichtigt, sondern auch den Eiswasservolumenstrom. Andererseits wurden die hydraulischen Schaltungen der Eiswasserverbraucher (Prozesswärmeübertrager und Klima-Monoblocs) optimiert.

### Optimale Volumenstromverhältnisse beim Wärmeübertrager Glykol/Eiswasser

Bei 2-Kreis-Kälteträgersystemen ist bekannt, dass im Vollastpunkt der Volumen-

strom des Erzeugerkreislaufs eher größer, auf keinen Fall aber kleiner sein soll als der des Verbraucherkreislaufs. Die Folge wäre sonst, dass der Schichtspeicher trotz voller Kälteleistung der Kältemaschine weiter entladen und warmer Rücklauf aus dem Speicher sich mit dem kalten Vorlauf der Kältemaschine mischt und so die Vorlauftemperatur anhebt.

Weniger bekannt ist, dass bei einem zwischen Erzeuger- und Verbraucherkreislauf geschalteten Wärmeübertrager bei Auslegung und Regelung der Volumenströme das gleiche zu beachten ist.

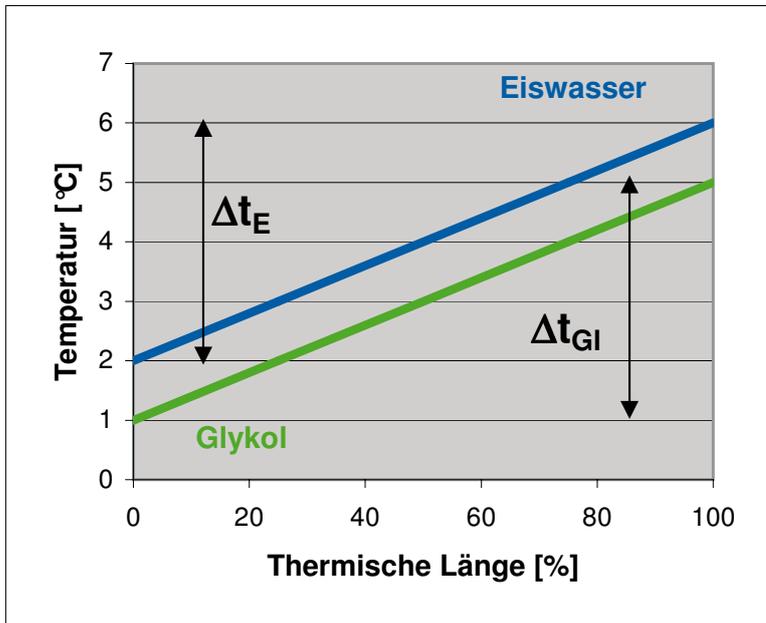
Um die Temperaturverluste so klein als möglich zu halten, wurde der Wärmeübertrager auf eine Temperaturdifferenz zwischen Glykol/Eiswasser von 1K sowohl am Ein- als auch am Austritt ausgelegt. Dann ist auch das Verhältnis der Volumenströme von Glykol und Eiswasser optimal.

Im Fall 1 wird dieser optimale Punkt gezeigt. Was passiert, wenn von diesem optimalen Punkt abgewichen wird, zeigen die Fälle 2 und 3.

Im Fall 2 ist der Eiswasservolumenstrom doppelt so hoch als der des Glykols. Dadurch wird die Temperaturspreizung auf der Eiswasserseite halbiert und die Eiswasservorlauftemperatur steigt an (im Beispiel um 2K).

Im Fall 3 ist der Glykolvolumenstrom doppelt so hoch als der des Eiswassers. Dadurch wird die Temperaturspreizung auf der Glykolseite halbiert und die Kältemaschinen gehen auf Teillast. Tritt dies im Vollastbetrieb auf, kann die volle Kapazität der Kältemaschinen nicht ausgeschöpft werden. Tritt dies im Teillastbetrieb auf, sind mehr Kältemaschinen in Betrieb als notwendig und laufen bei geringer Last.

Anmerkung: Genau genommen muss beim Verhältnis der Volumenströme noch berücksichtigt werden, dass Dichte und spezifische Wärme von Glykol und Eiswasser verschieden sind. Der einfacheren Darstellung wegen wurde dies hier vernachlässigt.



## Fall 1: Optimal

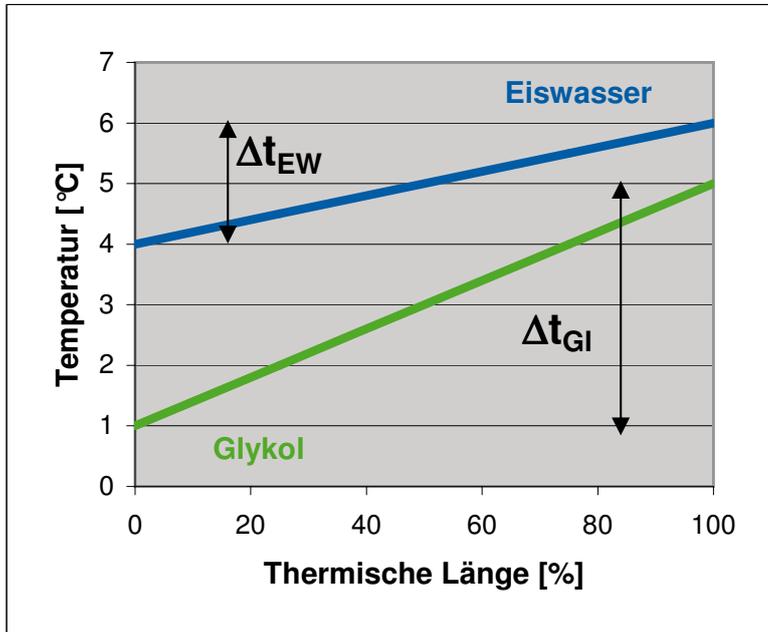
$$\Delta t_{EW} = \Delta t_{GI}$$

Der Eiswasser-  
entspricht dem  
Glykol-Volumenstrom

### Folge

VL-Temperatur auf Eiswasserseite  
ist auf Sollwert

Kältemaschinen arbeiten auf  
Volllast



## Fall 2

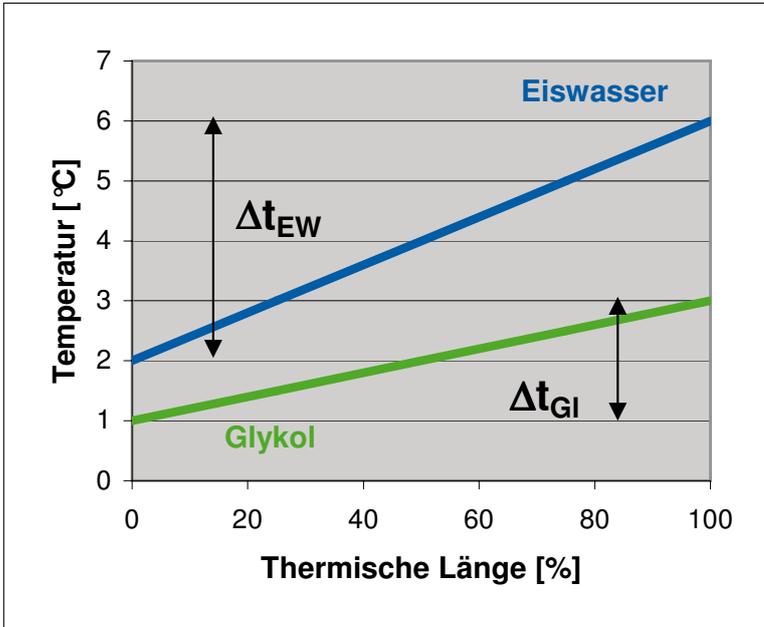
$$\Delta t_{EW} = 0.5 \Delta t_{GI}$$

Der Eiswasser-Volumenstrom ist etwa doppelt so hoch als der Glykol-Volumenstrom

### Folge

**VL-Temperatur** auf Eiswasserseite ist **zu hoch** (4 statt 2°C)

Kältemaschinen arbeiten auf Vollast



### Fall 3

$$\Delta t_{GI} = 0.5 \Delta t_{EW}$$

Der Eiswasser-Volumenstrom ist etwa halb so hoch als der Glykol-Volumenstrom

#### Folge

VL-Temperatur auf Eiswasserseite ist auf Sollwert

RL-Temperatur auf Glykolseite ist tief, **Kältemaschinen** gehen deshalb auf **Teillast**

### Vorteilhafte hydraulische Schaltungen für die Eiswasser-verbraucher

Die Art der gewählten hydraulischen Schaltung für die Eiswasserverbraucher entscheidet darüber, ob niedrige Temperaturdifferenzen zwischen Glykol und Eiswasser erreicht werden können und wie groß der Anteil der Kälteleistung ist, die mit dem Eisspeicher erbracht werden kann.

Vorteilhaft sind Schaltungen, die bei Teillast hohe Rücklauftemperaturen und damit niedrige Volumenströme erbringen, wie z.B. Drosselschaltungen; unbedingt zu vermeiden sind Umlenkschaltungen (s. Fall 1 bis 3).

### Erzielte Verbesserungen beim Umbau der Anlage

Die Ziele von Emmi Dagmersellen als Betreiber, die Temperaturen bei diesem geschlossenen Eiswasserkreislauf in die Nähe von 2°C abzusenken und die Temperaturschwankungen auf ein Minimum zu begrenzen, konnten auch während der heißen Sommertage voll erreicht werden. ■

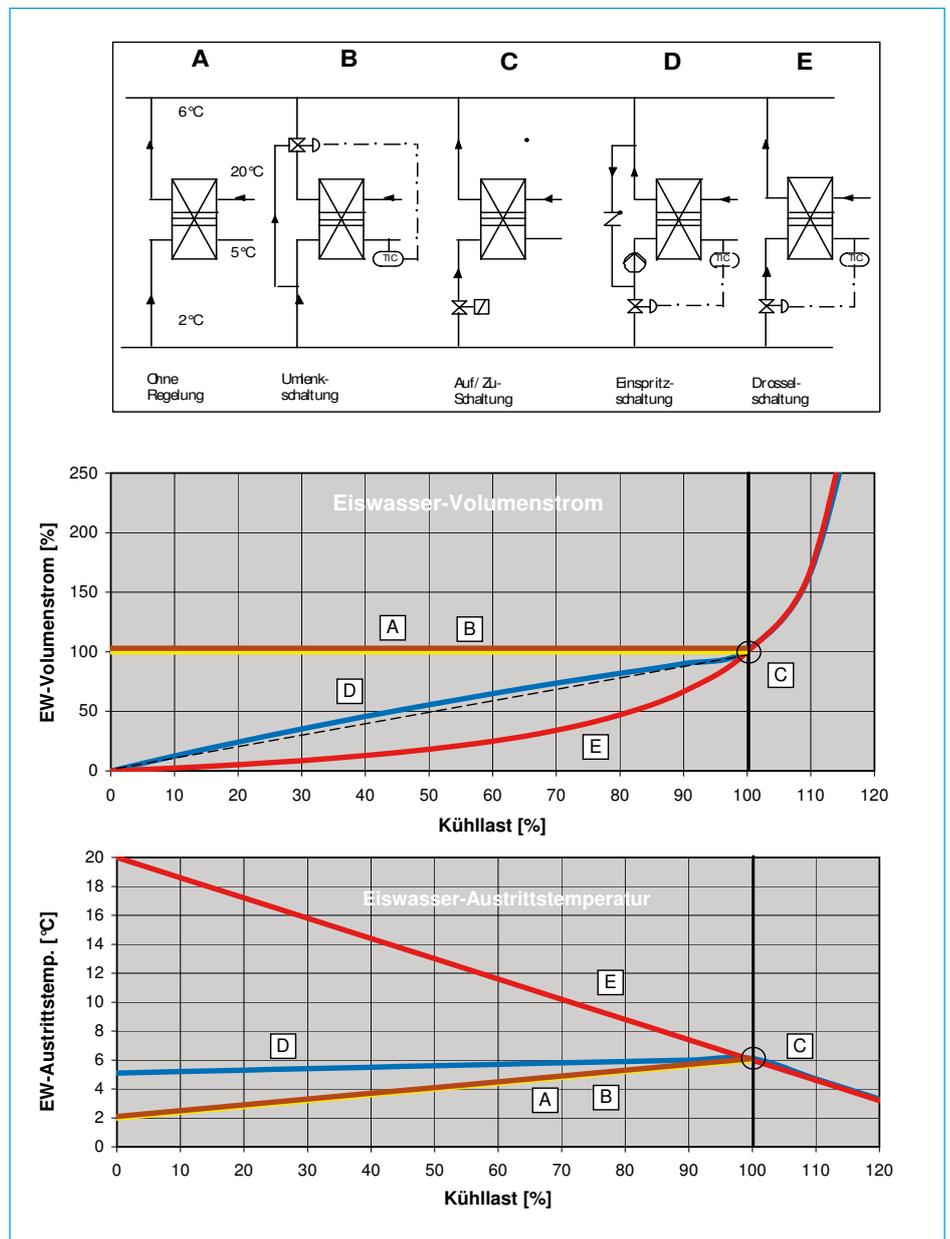


Bild 3 Verhalten der Eiswasserverbraucher bei Teillast