

Die Lebenskosten einer Kälteerzeugungsanlage setzen sich aus

- 15 % Investitionskosten
- 10 % Instandhaltungskosten
- 75 % Stromkosten

zusammen.

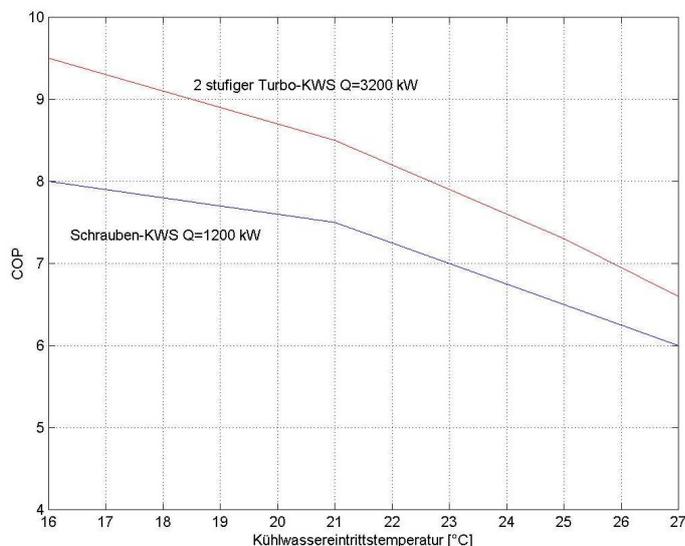
Der gravierende Kostenteil sind die Stromkosten und demzufolge Schwerpunkte der Kostensenkung. Betrachtet man die Entwicklung der Strompreise über die letzten 10 Jahre, so ist bis auf die Liberalisierungsphase ein stetiger Anstieg zu verzeichnen. Er wird in Zukunft den steigenden Brennstoffpreisen immer angepasst werden.

Es gibt viele Bemühungen der Kältemaschinenhersteller, den elektrischen Energieverbrauch zu senken. Dazu ist ein wesentliches Bewertungskriterium von Kältemaschinen die so genannte Kälteleistungszahl oder auch cop genannt (coefficient of performance). Es stellt das Verhältnis der Kälteleistung  $Q_K$  zur notwendigen elektrischen Leistung  $P_{mot}$  des Verdichtermotors dar und liegt im Bereich von 2,5 bis 8.

$$cop = \frac{Q_K}{P_{mot}}$$

Diese Leistungszahl wurde in den letzten 20 Jahren durch ständige Verbesserungen an Verdichter, Motor und Wärmeübertragungswerte von 3 bis 4 auf 5 bis 8 verbessert.

Diese Bemühungen sind in 80 % der installierten Rückkühlanlagen nicht zu erkennen. Aus dieser Tatsache heraus wurde das ect-System entwickelt.



Nachfolgend wurden die wesentlichsten Grundlagen und Merkmale des Verfahrens dargestellt. Es ist allgemein bekannt, dass sich der cop bei sinkender Kühlwassertemperatur erhöht.

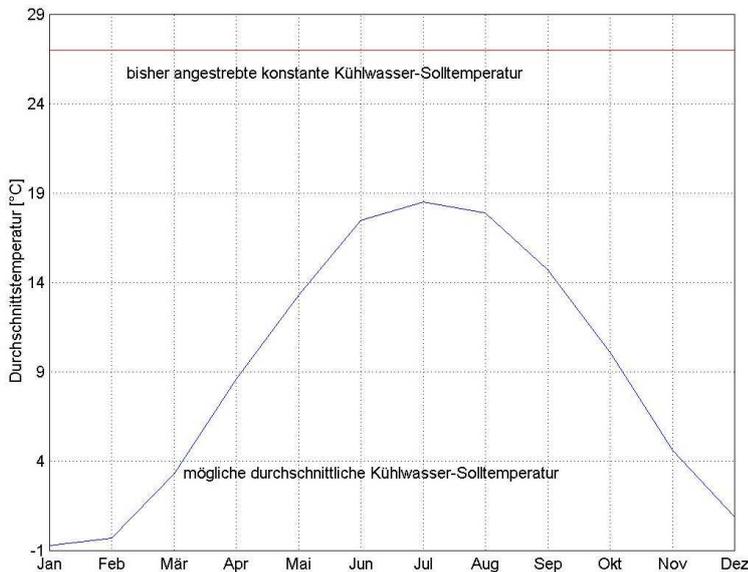
Das ist beispielhaft in nebenstehendem Diagramm für ein 2-stufiges Turboaggregat mit 3,2 MW Kälteleistung und einem Schraubenaggregat 1,2 MW Kälteleistung zu erkennen.

Rückgerechnet auf die Verdichterantriebsleistungen sind je nach Verdichterart Schraube oder Turbo 3 bis 3,5 % Antriebseinsparung pro 1 KKühlwasserabsenkung zu erwarten, die letztendlich aus dem niedrigeren Kondensationsdruck resultieren.

Betrachtet man die Jahrestemperaturlinien, ist leicht einzusehen, dass über größere Zeiträume unter Beachtung der temporären Feuchtkugeltemperatur die Kühlwassertemperatur kleiner 27 °C gefahren werden kann.

In den meisten Rückkühlwerken wird mit einem Festsollwert z. B. 27 °C Kühlwassertemperatur gefahren. Da das Rückkühlwerk für eine maximale Kühllast ausgelegt ist, werden die Leistungsreserven im Jahr nicht ausgeschöpft. Dazu ist die Angabe der mittleren maximalen

Feuchtkugeltemperatur notwendig.



In nebenstehendem Diagramm ist die Verteilung der mittleren maximalen Feuchtkugel-temperaturen in Deutschland und angrenzende Länder ersichtlich. Die Feuchtkugel-temperatur ist von der relativen Luftfeuchtigkeit abhängig und liegt auf der Sättigungslinie des Molliere- Diagramms für feuchte Luft. Auf diese Temperatur könnte theoretisch auch die Rückkühlwassertemperatur abgesenkt werden.

Die Rückkühlwerke können immer nur mit einem Kühlgrenzabstand zur Feuchtkugeltemperatur herunterkühlen, der in der Regel 3 – 5 K beträgt.

So kann z. B. bei 30 °C Außentemperatur, 45 % Luftfeuchtigkeit und einer Feuchtkugeltemperatur von 21 °C eine Kühlwassertemperatur von 25 °C erzielt werden.

Bei 25,0 °C	55 %	Feuchtkugeltemperatur 18,9	△	23 °C	Kühlwassertemperatur,
bei 20,0 °C	62 %	Feuchtkugeltemperatur 16,2	△	20 °C	Kühlwassertemperatur,
bei 17,5 °C	70 %	Feuchtkugeltemperatur 14,0	△	18 °C	Kühlwassertemperatur

usw.

Analysiert man eine Jahrestemperaturkurve, so kommt man auf ca.

600 h/a	17 °C – 20 °C	△	24 %	Energieeinsparung
400 h/a	20 °C – 22 °C	△	21 %	Energieeinsparung
400 h/a	22 °C – 24 °C	△	18 %	Energieeinsparung
200 h/a	24 °C – 26 °C	△	11 %	Energieeinsparung
30 h/a	26 °C – 28 °C	△	3 %	Energieeinsparung
25 h/a	> 28 °C	△	0 %	Energieeinsparung

Für ein 1 MW Kälteaggregat mit einem  $\varnothing$  cop von 5 ergibt sich folgende Kosteneinsparung an Elektroenergie:

$$\begin{aligned}
 \text{eingesparte elektr. Motorarbeit} &= \frac{Q_k}{\varnothing \text{cop}} \cdot \text{Energieeinsparung} \cdot \text{Betriebsstunden} \\
 &= \frac{250\text{kW}}{5} \cdot 0,24 \cdot 600\text{h} = 7.200 \text{ kWh} \\
 &= \frac{1000\text{kW}}{5} \cdot 0,21 \cdot 400\text{h} = 16.800 \text{ kWh} \\
 &= \frac{1000\text{kW}}{5} \cdot 0,18 \cdot 400\text{h} = 14.400 \text{ kWh} \\
 &= \frac{1000\text{kW}}{5} \cdot 0,11 \cdot 200\text{h} = 4.400 \text{ kWh} \\
 &= \frac{1000\text{kW}}{5} \cdot 0,03 \cdot 300\text{h} = \underline{180 \text{ kWh}} \\
 \text{eingesparte elektrische Motorarbeit pro Jahr} & \qquad \qquad \qquad 42.980 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Bei einem angenommenen Preis von 8 Cent/kWh ergibt sich eine jährliche Kostensenkung von 3.438 € pro 1 MW Kälteleistung. Dieses Beispiel ist für eine Kälteanlage für Klimatisierungszwecke berechnet.

Bei technologischem ganzjährigem Kältebedarf, z. B. Brauereien und Lebensmittelindustrie, liegt das Einsparpotenzial bei ca. 60 – 80.000 kWh/Jahr. Die Funktionsweise des Verfahrens ist aus dem Bild 5 zu erkennen.

Über Sensoren werden ständig die Außentemperatur, die relative Luftfeuchtigkeit und der Luftdruck ermittelt. Unter Berücksichtigung des Kühlgrenzabstandes und der Betriebsgrenze der Kühlwassertemperatur wird die optimale Kühlwassertemperatur berechnet. Diese geht als Führungsgröße in den nachgeschalteten Frequenzumrichter ein.

Die sich einstellende Luft- und Wassermenge wird ins Verhältnis gesetzt und die optimierte Kühlwassertemperatur, z. B. 23 °C, wird mit einer Regelabweichung von  $\pm 0,3$  Grad erreicht.

Das economy-cooling-tower-System wurde beim Energieversorger der Stadt Berlin, der Bewag Aktiengesellschaft & Co. KG, in ihren Anlagen entwickelt und erfolgreich eingesetzt. Es ist das zurzeit effizienteste Rückkühlverfahren für Großkälteanlagen größer 1 MW Kälteleistung. Es lässt sich problemlos in jedem Rückkühlsystem nachrüsten.

## Vorteile

- Je nach Anzahl der Betriebsstunden amortisiert sich die Investition schon ab 1 ½ bis 3 Jahren.
- Pro 1 K Kühlwasserabsenkung werden 3 – 3,5 % Antriebsleistung bei Verdichtern bzw. Primärenergie bei Absorbern eingespart.
- Es tritt keine Schwadenbildung auf, so dass mögliche Legionellen sich nicht verbreiten können.
- Es wird Wasser gespart.
- Der Geräuschpegel wird erheblich reduziert (nachts sind Drehzahlbegrenzungen möglich).
- Die Lebensdauer verlängert sich, da die Lagerbelastung beim Umschalten von niedriger Drehzahl zur hohen Drehzahl entfällt.
- Der Betrag, der eingespart wird, z. B. 10 %, kann in zusätzliche Kälteleistung umgewandelt werden, so dass bei Neuerrichtung Investitionen gespart werden können.
- Bei Anwendung der so genannten freien Kühlung beträgt die Regelabweichung im ausgeregelten Zustand  $\pm 0,3$  Grad.

Das Verfahren ist patentrechtlich geschützt und wird in den Kälteanlagen des Berliner Energieversorgers Bewag Aktiengesellschaft & Co. KG eingesetzt.

Die kommerzielle Vermarktung obliegt der Firma Ormatic GmbH (Spin Off der phiMatic GmbH) als Produkt phiControl.

Weitere Informationen zu unseren Geschäftsbereichen finden Sie unter [www.ORMatic.de](http://www.ORMatic.de)