



Markt der Möglichkeiten –
Effizienzpotenziale in der Kälte- und Klimatechnik
WORKSHOP 6 - Teil 1
Rückkühlsysteme



Sven Asmus
ERT Refrigeration Technology GmbH



Markt der Möglichkeiten –WS6 –T1



Sven Asmus



ERT Refrigeration Technology GmbH
www.ertgmbh.de

Werksvertretung:



Baltimore Aircoil



THEMEN im WS 6:

1) Rückkühlsysteme

weitere Vorträge:

2) Freie Kühlung

3) Einbindung von Pumpen



Workshop Rückkühlsysteme

- Grundlagen für eine effiziente Auswahl
- Darstellung von Rückkühlsystemen



Verschiedene Rückkühlsysteme



Kühltürme offen



Verdunstungskühler



Hybridkühler



Adiabate Kühler



Trockenkühler



auch als Verflüssiger

Hier nicht direkt Thema –
muss aber wegen
Einsparpotential immer
betrachtet werden
Kompressionskältemaschinen



RÜCKKÜHLARTEN

Trockenkühlung -> Kühlung einer Kältemaschine oder freie Kühlung mit Trockenkühlern

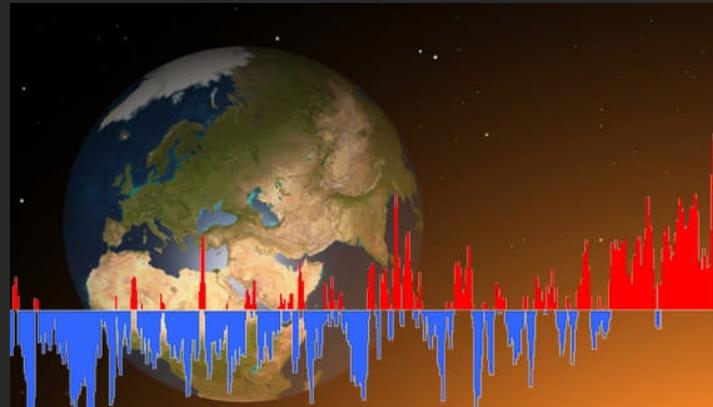
Verdunstungskühlung-> Kältemaschinenkühlung oder freie Kühlung mit Verdunstungs- / Hybrid- / adiabaten Rückkühlern

Freie Kühlung -> Kühlung ohne Kältemaschine mit Verdunstungs- / Hybrid- oder adiabaten Rückkühlern und Trockenkühlern



Umgebungsbedingungen

- Trockenkugeltemperatur
- Feuchtkugeltemperatur

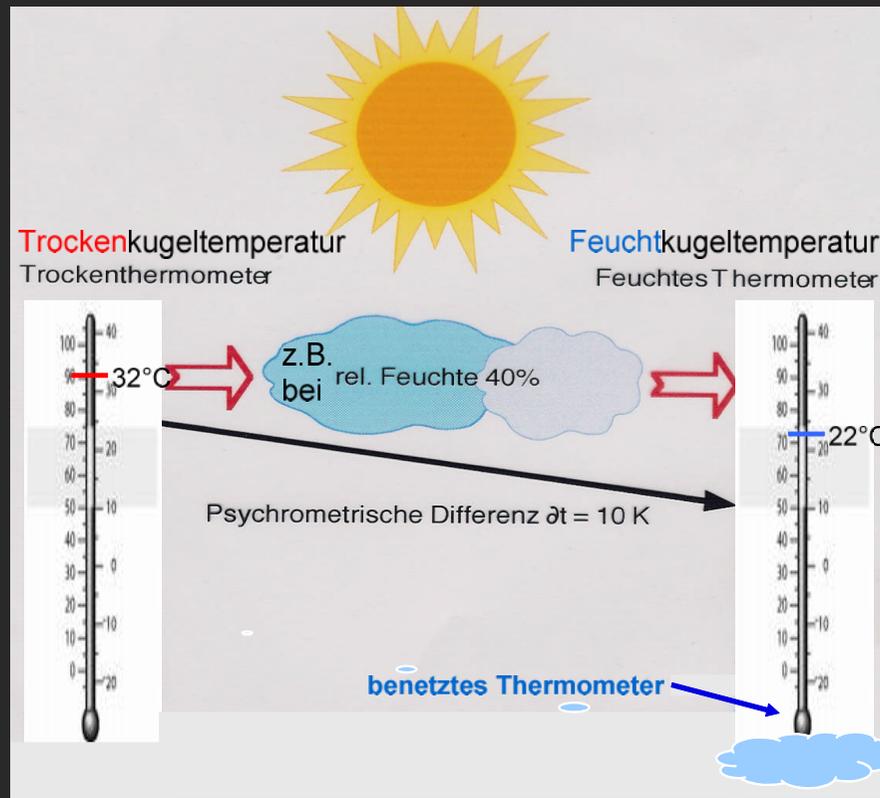




Grundlagen für eine effiziente Auswahl



Feuchtkugeltemperatur - psychrometrische Differenz - Trockenkugeltemperatur

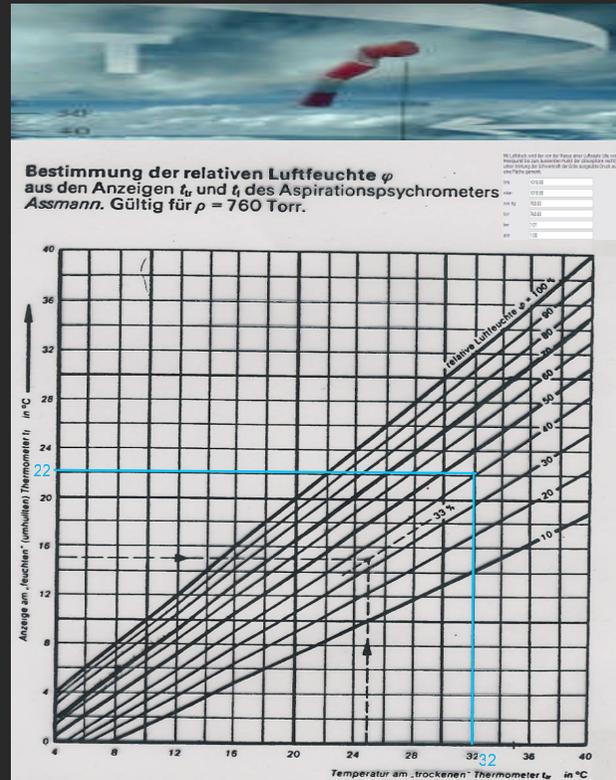




Grundlagen für eine effiziente Auswahl



Feuchtkugeltemperatur - psychrometrische Differenz - Trockenkugeltemperatur





max. Auslegungsbedingungen

WELTWEIT

Kühlsystembestimmung in Abhängigkeit der Medien- und Umgebungstemperatur				
max. Umgebungsbedingungen				
mild & trocken Tf=23°C / Tdry=35°C		heiß & feucht Tf=30°C / Tdry=45°C		
Medium Temp.	Art der Kühlung	Kühleinheit	Art der Kühlung	Kühleinheit
85 °C	sensibel	Trockenkühler	sensibel	Trockenkühler
75 °C				
65 °C				
55 °C				
45 °C				
35 °C	latent	Verdunstungs- kühler	latent	Verdunstungs- kühler
25 °C			Komp./Absorp	Kältemaschinen / Absorber
15 °C	Komp./Absorp	Kältemaschinen / Absorber		
5 °C				
0 °C				
-5 °C				
-15 °C				
-25 °C				
-35 °C				
-45 °C				
-55 °C				
-65 °C	Kompression	Kältemaschine	Kompression	Kältemaschine
-75 °C				
-85 °C				
-95 °C				
-105 °C				
-115 °C	Kompression	STIRLING / PULSE TUBE	Kompression	STIRLING / PULSE TUBE
-125 °C		LINDE		LINDE
-135 °C				
-145 °C				
-271 °C

Rückkühlsysteme sollten entsprechend den erforderlichen Medientemperaturen ausgewählt werden



max. Auslegungsbedingungen

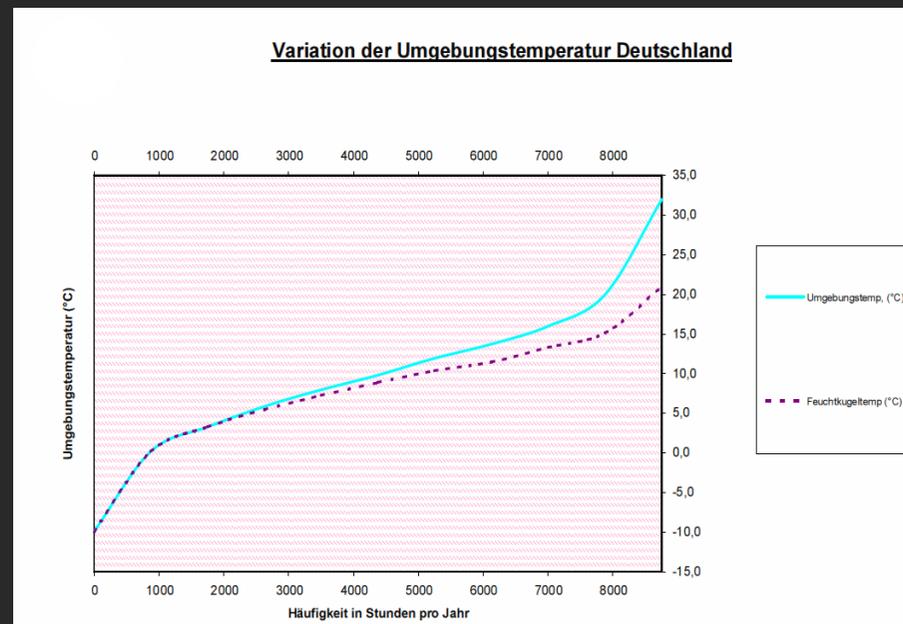
EUROPA

Kühlsystembestimmung in Abhängigkeit der Medien- und Umgebungstemperatur				
max. Umgebungsbedingungen				
mild & trocken Tf=23°C / Tdry=35°C		heiß & feucht Tf=30°C / Tdry=45°C		
Medium Temp.	Art der Kühlung	Kühleinheit	Art der Kühlung	Kühleinheit
85 °C	sensibel	Trockenkühler	sensibel	Trockenkühler
75 °C				
65 °C				
45 °C			latent	Verdunstungs-kühler
35 °C	latent	Verdunstungs-kühler	Komp./Absorp	Kältemaschinen / Absorber
25 °C				
15 °C	Komp./Absorp	Kältemaschinen / Absorber		
5 °C				
0 °C				
-5 °C				
-15 °C				
-25 °C				
-35 °C				
-45 °C				
-55 °C				
-65 °C	Kompression	Kältemaschine	Kompression	Kältemaschine
-75 °C				
-85 °C				
-95 °C				
-105 °C				
-115 °C	Kompression	STIRLING / PULSE TUBE	Kompression	STIRLING / PULSE TUBE
-125 °C		LINDE		LINDE
-135 °C				
-145 °C				
-271 °C				



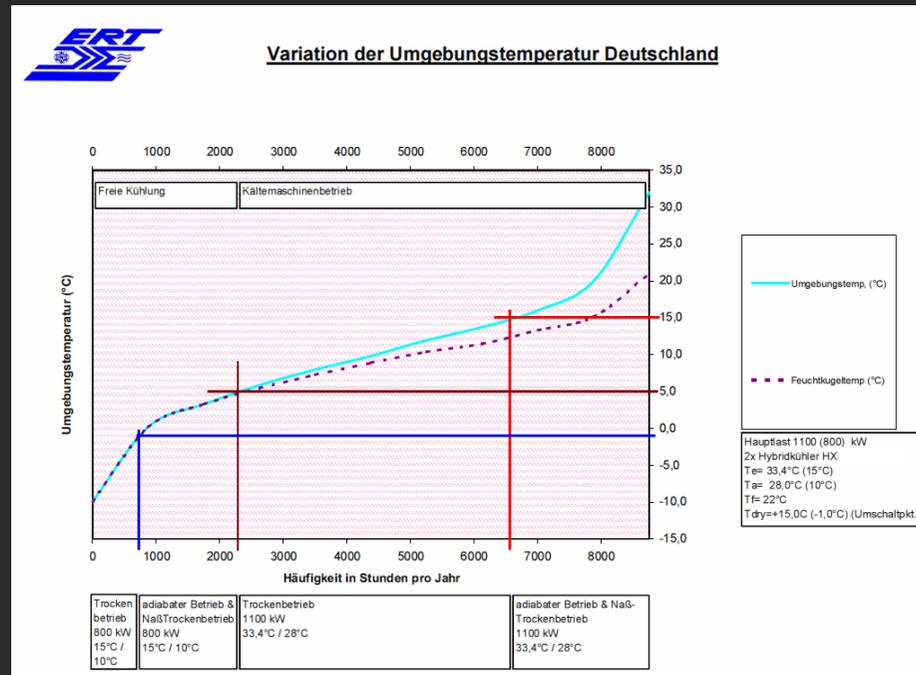
Neben max. Bedingungen sind auch Temperaturverläufe pro Jahr zur Bemessung der Nutzungsstunden und Verbrauchsermittlung (von Strom & Wasser) erforderlich

kumulativer Jahrestemperaturverlauf



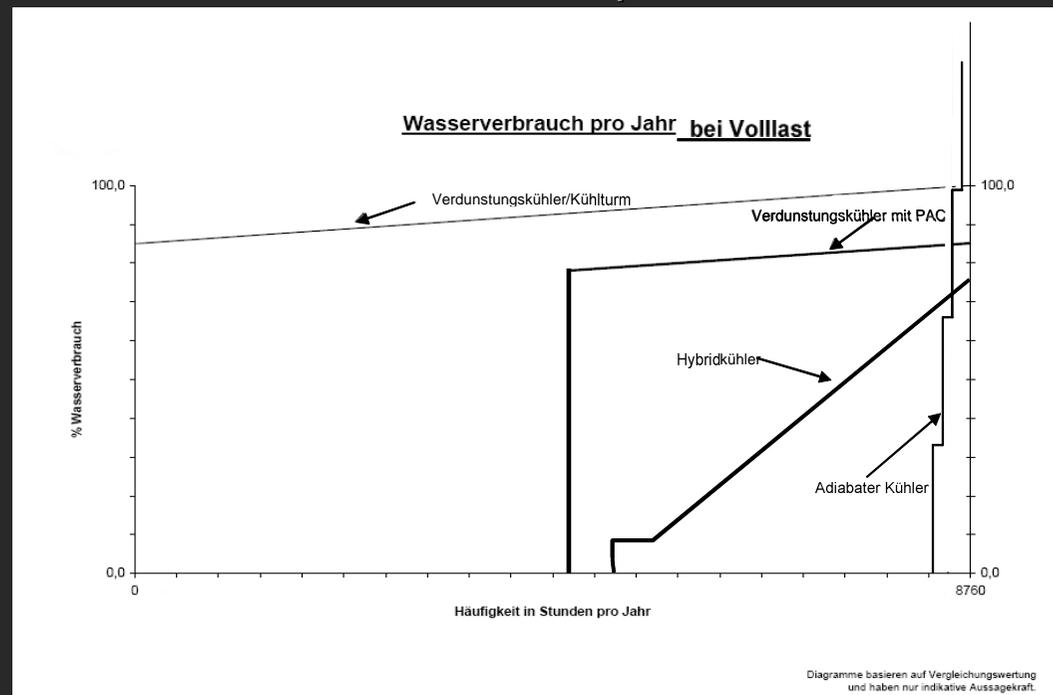


kumulativer Jahrestemperaturverlauf





kumulativer Jahrestemperaturverlauf

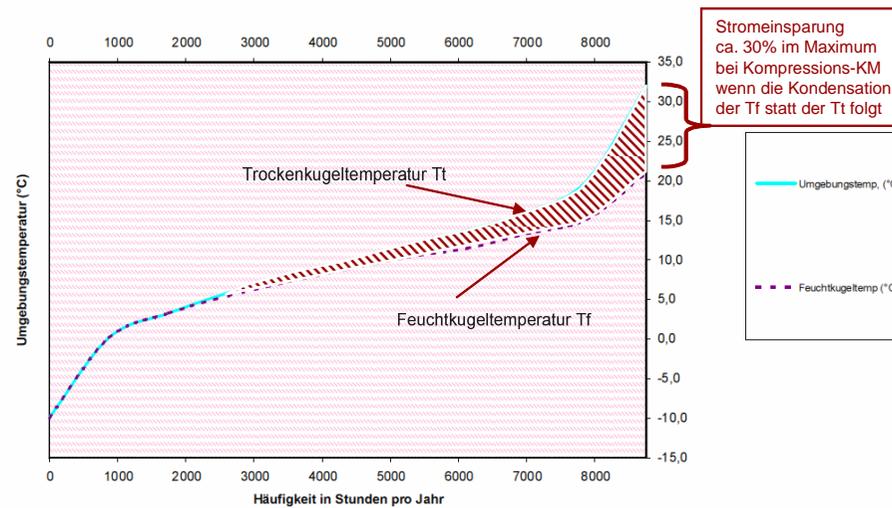




Stromverbrauch der Kompressionskältemaschine:

- proportionale Abhängigkeit zur Feucht- bzw. Trockenkugeltemperatur (je nach Rückkühlsystem)

Variation der Umgebungstemperatur Deutschland





Auswirkung der Rückkühlung auf die Leistungsaufnahme der Kompressionskältemaschine:

- deutliche Energieeinsparung bei der Kompressions-KM durch niedrige Verflüssigungs-/ Rückkühltemperaturen
- niedrige Verflüssigungs- oder Rückkühltemperaturen werden erreicht mit Verdunstungs- / Hybrid- / adiabaten Rückkühlern oder Trockenkühlern mit großen Austauschflächen
- Wassereinsparung bzw. Minimierung des H₂O-Verbrauchs mit Hybrid- / adiabaten Rückkühlern (i.V.m. Absorbern besonders sinnvoll)



Weitere Punkte die bei der AUSWAHL des KÄLTESYSTEMS berücksichtigt werden sollten (Kältemaschine und/oder Rückkühler)

1. Kontrollieren der verschiedenen Verbraucher /Temperaturen im Gebäude / im Prozess
2. Sofern rohrnetztechnisch möglich, Trennung der Systeme mit deutlich unterschiedlichen Temperaturen unter Berücksichtigung der „max. Auslegungsbedingungen“
z.B. -Kreis A = 40°
 -Kreis B = 25°
 -Kreis C = 6°
3. Alternativ zu 2. ggf. eine Reihenschaltung der Kreise A,B,C in Betracht ziehen.



Überblick über verschiedene Rückkühlprodukte



Kühltürme offen



Verdunstungskühler



Hybridkühler



Adiabate Kühler



Trockenkühler



auch als Verflüssiger



KompressionsKältemaschinen

Absorber



Unterschiedliche Produkte für verschiedene Anwendungen



KLIMAAANLAGEN

- Bürogebäude
- Krankenhäuser
- Computerräume
- Hotels
- Flughäfen
- Reinräume



PROZEßKÜHLUNG

- Induktionsöfen
- Stahlwerke
- Schweißmaschinen
- Kunststoffformung
- Druckluftherzeuger
- Autoklaven
- Walzwerke
- Hochöfen
- Papierfabriken



INDUSTRIEKÄLTE

- Kühlhäuser
- Brauereien
- Molkereien
- Nahrungsmittel-
industrie
- Getränkeindustrie
- Eisbahnen
- Skihallen





...Produkte...
Offene Kühltürme





...Produkte...



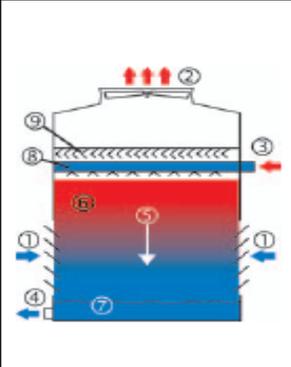
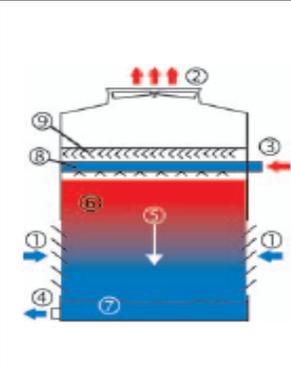
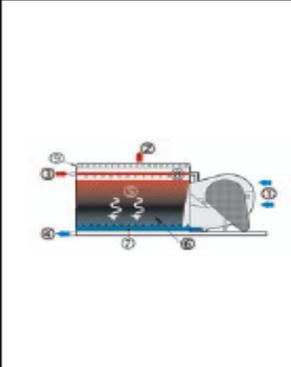
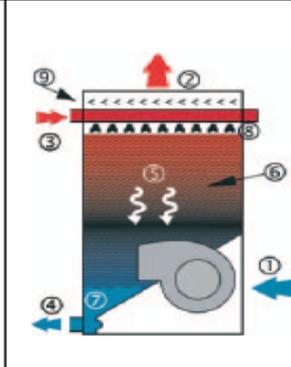
Offene Kühltürme 3/7

Serie 3000-D	TXV	FXT
Querstrom	Querstrom	Querstrom
Schwerkraft	Schwerkraft	Schwerkraft
Axiallüfter, Saugzugprinzip	Axiallüfter, Saugzugprinzip	Axiallüfter, Druckprinzip
40 bis 260 l/s	10 bis 128 l/s	3 bis 145 l/s
50° C Standard-Füllkörper 55° C alternatives Füllkörpermaterial	50° C Standard-Füllkörper 55° C alternatives Füllkörpermaterial	50° C Standard-Füllkörper 55° C alternatives Füllkörpermaterial
Mittlere bis große Klima- und gewerbliche Anwendungen Austausch von vor Ort errichteten Türmen	Mittlere Klima- und gewerbliche Anwendungen Austausch von Gegenstromgeräten Austausch von Querstromgeräten Enge Aufstellungsverhältnisse und Installationen, die einen einzigen Lufteinlass erfordern	Kleine bis mittlere gewerbliche Anwendungen



...Produkte...
offene Kühltürme 4/7



RCT	IMT	VTL	VXT
			
Gegenstrom	Gegenstrom	Gegenstrom	Gegenstrom
unter Druck	unter Druck	unter Druck	unter Druck
Axiallüfter, Saugzugprinzip	Axiallüfter, Saugzugprinzip	Radiallüfter, Druckprinzip	Radiallüfter, Druckprinzip
40 bis 145 l/s	45 bis 560 l/s	4 bis 90 l/s	1,6 bis 1.230 l/s
55° C Standard-Füllkörper 65° C mit alternativen Füllkörpermaterialien	55° C Standard-Füllkörper 65° C mit alternativen Füllkörpermaterialien	55° C Standard-Füllkörper 65° C mit alternativen Füllkörpermaterialien	55° C Standard-Füllkörper 65° C mit alternativen Füllkörpermaterialien
Kleine bis mittlere gewerbliche Anwendungen Schmutzwasseranwendungen	Große gewerbliche Anwendungen Austausch von vor Ort errichteten Türmen mit beckenlosen Geräten Schmutzwasseranwendungen	Kleine bis mittlere Klima- und gewerbliche Anwendungen Installationen mit extrem niedrigen Höhenanforderungen Innenaufstellungen Gewerbliche Anwendungen mit hohen Temperaturen Enge Aufstellungsverhältnisse und Installationen, die einen einzigen Lufteinlass erfordern	Kleine bis mittlere Klima- und gewerbliche Anwendungen Innenaufstellungen Gewerbliche Anwendungen mit hohen Temperaturen Enge Aufstellungsverhältnisse und Installationen, die einen einzigen Lufteinlass erfordern

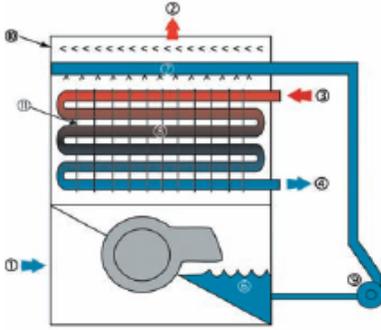
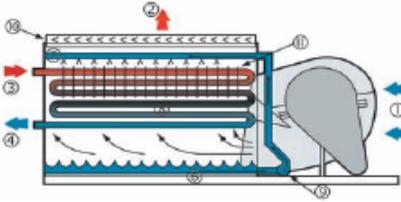


...Produkte...
geschlossene Kühltürme





geschlossene Kühltürme 2/4

VXI	VFL
	
Gegenstrom	Gegenstrom
Radiallüfter, Druckprinzip	Radiallüfter, Druckprinzip
1 bis 200 l/s	1 bis 65 l/s
82°C	82°C
Kleine bis mittlere Klima- und Industrieanwendungen wie Wärmepumpen und Luftverdichter Innenaufstellungen Hochtemperaturanwendungen Enge Aufstellungsverhältnisse und Installationen, die einen einzigen Lufteinlass erfordern Extrem geräuschempfindliche Anwendungen	Kleine bis mittlere Klima- und gewerbliche Anwendungen Installationen mit begrenzter Bauhöhe Innenaufstellungen Gewerbliche Anwendungen mit hohen Temperaturen Extrem geräuschempfindliche Anwendungen



...Produkte...



geschlossene Kühltürme 2/4

S1500	
FXV – Modelle mit einem Lufteinlass	FXV-D Modelle mit zwei Lufteinlässen
Mehrstrom	Mehrstrom
Axiallüfter, Saugzugprinzip	Axiallüfter, Saugzugprinzip
3 bis 149 l/s	200 bis 330 l/s
82° C	82° C
Kleine bis mittlere Klima- und Industrieanwendungen wie Wasserquellen-wärmepumpenkreisläufe und Luftverdichterkühlung Enge Aufstellungsverhältnisse und Installationen, die einen einzigen Lufteinlass erfordern Ersatzgeräte	Mittlere bis große Klima- und gewerbliche Anwendungen wie Lichtbo-genöfen und pharmazeutische Anlagen



...Produkte....



Verdunstungsverflüssiger

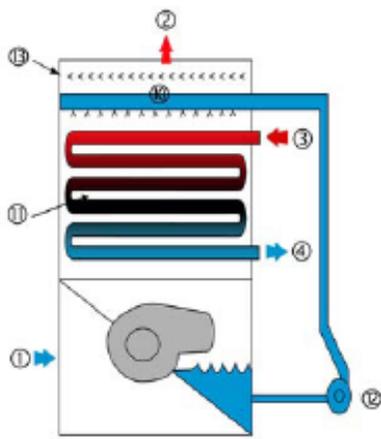
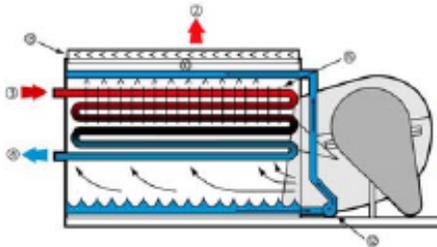




...Produkte....



Verdunstungsverflüssiger 1/2

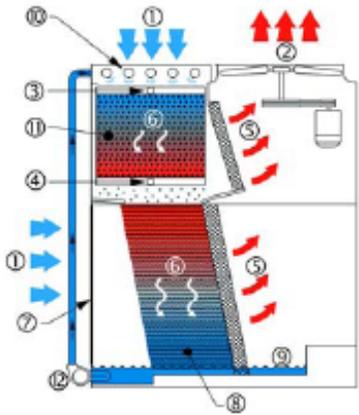
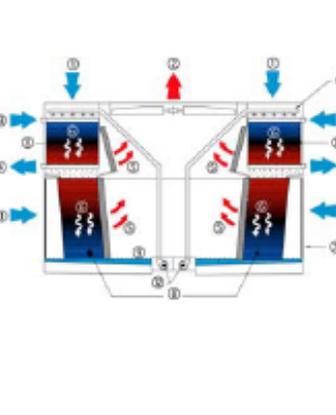
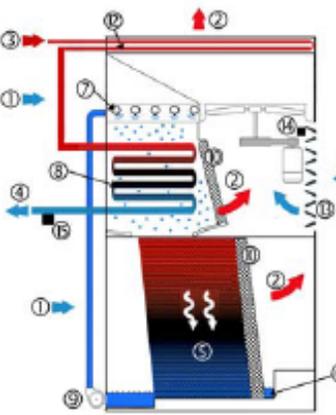
VXC	VCL
	
Gegenstrom	Gegenstrom
Radiallüfter, Druckprinzip	Radiallüfter, Druckprinzip
50 bis 6470 kW	180 bis 1290 kW
Kälteanlagen mit hoher Geräuschempfindlichkeit Aufstellungen mit begrenzter Planfläche Innenaufstellungen	Kälteanlagen mit hoher Geräuschempfindlichkeit Installationen mit begrenzter Bauhöhe Innenaufstellungen Palettenpakete



...Produkte...



Verdunstungsverflüssiger 2/2

CXV	CXV-D	HXC (Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt "Wassersparende Hybridprodukte")
		
Mehrstrom	Mehrstrom	Mehrstrom
Axiallüfter, Saugzugprinzip	Axiallüfter, Saugzugprinzip	Axiallüfter, Saugzugprinzip
410 bis 2730 kW	3500 bis 5140 kW	740 bis 2660 kW
Industrielle Kühlanwendungen	Sehr große industrielle Kühl- und Prozessprojekte, bei denen niedriger Energieverbrauch und geringe Geräusche erforderlich sind	Industrielle Kühlanwendungen in geografischen Regionen, in denen die Wasserkosten hoch sind



...Produkte....



Energiesparende Geräte: Hybrid & Nass & Trocken



Intelligent
Water Saving
Solutions



...Produkte...



Energiesparende Geräte: Hybrid & Nass & Trocken

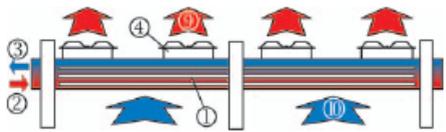
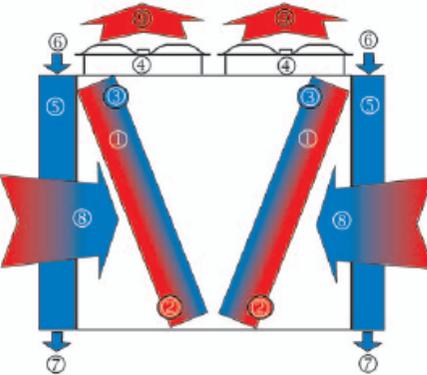
	HXI	HFL
Arbeitsprinzip		
Technologie	Feucht-Trocken-Hybridkühlturm mit geschlossenem Kreislauf, der sensible und Verdunstungskühlung kombiniert	Feucht-Trocken-Hybridkühlturm mit geschlossenem Kreislauf, der sensible und Verdunstungskühlung kombiniert
Konfiguration	Mehrstrom	Gegenstrom
Lüftersystem	Axiallüfter, Saugzugprinzip	Radiallüfter, Druckprinzip
Leistungsbereich (Einzelzelle)	45 bis 150 l/s	9 bis 90 l/s
Maximale Flüssigkeitseintrittstemperatur	82° C	82° C
Typische Anwendungen	Mittlere bis große Klima- und gewerbliche Anwendungen Installationen, die Ablufterhitzer erfordern Installationen, die Wassereinsparung erfordern Niedriger Energieverbrauch Einfache Wartung	Mittlere bis große Klima- und gewerbliche Anwendungen Installationen, die Ablufterhitzer erfordern Installationen, die Wassereinsparung erfordern Geräuschempfindliche Standorte Innenaufstellungen



...Produkte....



Energiesparende Geräte: Hybrid & Nass & Trocken

DFC – Trockene Kühler	DFCV-AD TrilliumSeries Kühler
	
<p>Trockene Flüssigkeitskühler kühlen die Flüssigkeit in einem geschlossenen Kreislauf mittels sensibler Wärmeübertragung wobei einem hochdichten Rippenrohrschlangenblock benutzt wird.</p>	<p>TrilliumSeries Kühler kühlen die Flüssigkeit nur durch sensible Wärmeübertragung. Bevor die Luft jedoch durch die hochdichten Rippenrohrschlangen strömt, wird sie adiabatisch vorgekühlt, während sie durch ein Verdunstungsmedium geht, in dem Wasser in die Luft verdunstet.</p>
<p>Gegenstrom</p>	<p>Gegenstrom</p>
<p>Axiallüfter, Saugzugprinzip</p>	<p>Axiallüfter, Saugzugprinzip</p>
<p>30 kW – 1110 kW bei Eurovent-Bedingungen gemäß EN 1048. 1,5 – 80 l/s 34% Ethylenglykollösung bei 40 °C / 35 °C / 25 °C Trockenkugelttemperatur</p>	<p>250 kW – 1620 kW bei Eurovent-Bedingungen gemäß EN 1048. 13 – 86 l/s 34% Ethylenglykollösung bei 40 °C / 35 °C / 25 °C Trockenkugelttemperatur</p>
<p>65° C Hochtemperatursausführung lieferbar, max. 150° C, max. 10 bar Druck</p>	<p>70° C</p>
<p>Kleine bis mittlere Klima- und industrielle Anwendungen Standorte mit begrenzter Wasserverfügbarkeit Anwendungen mit großer Reichweite und großem Kühlgrenzabstand Gewerbliche Anwendungen mit hohen Temperaturen</p>	<p>Kleine bis mittlere Klima- und industrielle Anwendungen Standorte mit begrenzter Wasser- und Platzverfügbarkeit</p>



Kältemaschine- und/oder Rückkühlsystem

- die Rückkühlung bestimmt als führende Größe zur Außentemperatur die Systemtemperaturen bzw. Verflüssigungstemperatur und damit auch direkt die Leistungsaufnahme der Kältemaschine.
- bei gleitender Rückkühltemperatur sollten die Systeme der Trockentemperaturlinie bzw. der Feuchtkugelttemperaturlinie im kumulativen Jahrestemperaturverlauf folgen.
- die Stromaufnahmen der Kältemaschinen mit Trockenrückkühlung sind nicht nur bei max. Auslegungsbedingungen höher als bei Kältemaschinen die mit (anteiliger) Verdunstungskühlung oder adiabater Kühlung betrieben werden. Dafür muss bei letzteren Wasser eingesetzt werden.
- Platzverhältnisse, Betriebszeiten, Schwadenbildung, Schallbedingungen, Verfügbarkeit von Wasser, hygienische Anforderungen und auch die Verfügbarkeit von Trafo- bzw. Stromanschluss, sind –neben den örtlichen Temperaturverhältnissen- wichtige Randparameter zur Auswahl von Kältemaschinen- und/oder Rückkühlsystemen.
- Es sollte immer geprüft werden, ob eine zentrale Rückkühlung für mehrere Kälteprozesse realisiert werden kann (bei Teillast „große Flächen“ -> Energieersparnis)
- mit der richtigen Auswahl und Kombination der Kältesysteme lassen sich die Ressourcen Strom und Wasser sparsam einsetzen und die Leistungsaufnahme und der CO₂ Ausstoß direkt reduzieren. Die Rückkühlung stellt einen entscheidenden Faktor dar.



Markt der Möglichkeiten –WS6 –T1



Sven Asmus
ERT Refrigeration Technology GmbH
Beutnerring 5
21077 Hamburg
Büro: 040-76 10 48 -0
Mobil: 0171-1989 890
sven.asmus@ertgmbh.de
www.ertgmbh.de



Vielen Dank