



www.jaeggi-hybrid.ch

Autor



Joachim Weber
Verkaufsleiter CH/A

JAEGGI Hybridtechnologie AG
Hirschgässlein 11
CH-4051 BASEL
SWITZERLAND

Member of Güntner Group

Innovative und nachhaltige Rückkühlung mit hybriden oder adiabaten Trockenkühlern

Zusammenfassung

Ob Klimaschutz, Ressourcenschonung oder Kostenreduzierung – Energieeffizienz ist das Gebot der Stunde und zur Zeit nicht nur ein Top-Thema der Politik, sondern auch bei vielen Unternehmen in der Diskussion. Besondere Beachtung verdient dabei der EER-Wert (Energy Efficiency Ratio): Er gibt Auskunft darüber, wie energieeffizient Kältemaschinen arbeiten. Je höher der Wert, desto energieeffizienter die Leistung. Bei Rückkühlwerken muss aber neben der Energieeffizienz auch der Wasserverbrauch bewertet werden, um eine effiziente Rückkühlung sicherzustellen. Mit der hybriden Kühltechnologie stellt die Firma JAEGGI hier ein Rückkühlssystem zur Verfügung, das höchste Energieeffizienz mit geringstem Wasserverbrauch verbindet.

Inhaltsverzeichnis

Kältemaschinen sind energieintensiv	2
Trockenkühlung reicht oft nicht aus	2
Verdunstungskühlung ist am effizientesten	3
Hybride Trockenkühler – wassersparend, energieeffizient, schwadenfrei und leise	3
HybriMatic®-Steuerung für optimalen Betrieb	4
Betriebscharakteristik hybrider Trockenkühler	5
„EER“ = 120: Hybride Trockenkühlung macht´s möglich	7
Hybrider Trockenkühler in selbstentleerender Ausführung	8
Adiabate Kühler	9
Größer einkaufen, mehr sparen	10
Energiesparen mit „freier Kühlung“ (free-cooling)	11
Fazit	11

Kältemaschinen sind energieintensiv

Bei der Planung und Ausführung von Kühl- und Kaltwassersystemen werden je nach gefordertem Temperaturniveau unterschiedliche Verfahren zur Rückkühlung des Kreislaufwassers eingesetzt. Bei Kühlwassertemperaturen unter ca. 20 °C kommen Kältemaschinen, so genannte Kaltwassersätze, zum Einsatz. Diese können luft- oder wassergekühlt ausgeführt sein und erreichen je nach Bauart und Betriebspunkt EER-Werte zwischen 4 (d. h. für 4 kW Kälteleistung ist eine elektrische Antriebsleistung des Verdichters von 1 kW notwendig) und 10.

Bei Kühlwassertemperaturen oberhalb von rund 20 – 25 °C können Betreiber auf die energieintensiven Kältemaschinen verzichten. Stattdessen sorgen Verdunstungskühler oder Trockenkühler für entsprechende Temperaturen und verbrauchen dabei wesentlich weniger Strom. Bei der Planung von Neuanlagen sollten Planer und Betreiber also immer kritisch hinterfragen, ob im Kühlprozess tatsächlich Wassertemperaturen von weniger als 20 – 25 °C benötigt werden oder ob nicht auch höhere Wassertemperaturen möglich sind.

Trockenkühlung reicht oft nicht aus

Bei Trockenkühlern werden lamellierte Wärmeübertrager mit Umgebungsluft gekühlt, die Umgebungstemperatur stellt daher die theoretische Kühlgrenze dar. In der Praxis lassen sich mit dem in Mitteleuropa bisher üblichen Auslegungspunkt von 32 °C Umgebungstemperatur jedoch nur minimale Kühlwassertemperaturen von etwa 35 – 37 °C erreichen. Im Zuge der Klimaerwärmung wird mittlerweile auf mindestens 35 °C Umgebungstemperatur ausgelegt, damit erhöht sich die minimal erreichbare Kühlwassertemperatur auf ca. 38 – 40 °C. Tiefere Wassertemperaturen sind wirtschaftlich nur mit Verdunstungskühlern erzielbar.



Trockenkühler in Tischbauform, Foto: Güntner GmbH & Co. KG

Verdunstungskühlung ist am effizientesten

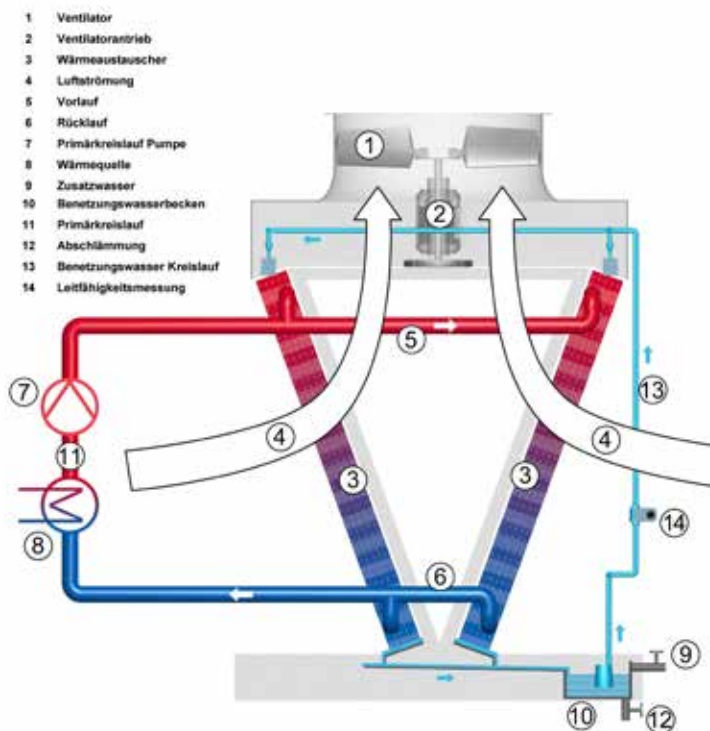
Bei Trockenkühlern muss man neben den hohen Wassertemperaturen die großen Aufstellflächen sowie den relativ hohen Stromverbrauch akzeptieren, auch wenn dieser geringer ausfällt als bei Kältemaschinen. Wesentlich günstiger sind dagegen Verdunstungskühler: Indem sie das natürliche Prinzip der Verdunstung nutzen, ist eine maximale Energieeffizienz bei gleichzeitig wesentlich kleineren Aufstellflächen möglich. Das in die Atmosphäre verdunstende Wasser entzieht dem Prozess dabei wirksam die überschüssige Wärme. Für Verdunstungskühler stellt die Feuchtkugeltemperatur die theoretische Kühlgrenze dar, diese wird in Mitteleuropa für die Geräteauslegung mit 21 – 23 °C angesetzt. Die praktisch erreichbaren Wassertemperaturen liegen je nach Bauart der Verdunstungskühler 2 – 8 K darüber.

Verdunstungskühlgeräte sind auf dem Markt in einem großen Leistungsbereich und in vielen Bauarten verfügbar, wie zum Beispiel offene und geschlossene Nasskühltürme oder Verdunstungsverflüssiger.

Allerdings haben diese Systeme auch einige Nachteile: Je nach Betriebszustand und Bauart wird ein sichtbarer Schwaden emittiert, der oftmals als störend empfunden wird und zudem auch zu Gefährdungen wie Nebel/ Sichtbehinderungen oder Eisbildung auf benachbarten Straßen führen kann. Außerdem werden relativ große Frischwassermengen zum Ausgleich der Verdunstungs- und Abschlämmlverluste benötigt. Zudem sind die meisten Kühltürme aufgrund des Wasserfallgeräusches relativ laut und nur mit großem Aufwand schallzudämmen. Bei offenen Kühltürmen wird daneben auch noch das Kühlwasser mit Staub, Laub, Insekten, Pollen usw. aus der Umgebungsluft verschmutzt, da der offene Kühlturm indirekt als Luftwäscher arbeitet.

Hybride Trockenkühler – wassersparend, energieeffizient, schwadenfrei und leise

Als modernes und innovatives Kühlkonzept wurde daher in der Schweiz 1992 von der Firma JAEGGI der Hybride Trockenkühler entwickelt. Mittlerweile wurden bereits über 3000 Hybride Trockenkühler produziert. Je nach Auslegung werden Mediumtemperaturen bis zu 3 K über der Feuchtkugeltemperatur erreicht. Der Hybride Trockenkühler von JAEGGI vereint die Vorteile der konventionellen Rückkühlssysteme Trocken- und Nasskühlung, ohne deren Nachteile zu übernehmen. Damit bekommen die Kunden hocheffiziente Rückkühltechnik mit geringstem Strom- und Wasserverbrauch. Außerdem sind die Kühler extrem leise, arbeiten garantiert schwadenfrei und können aufgrund der integrierten HybriMatic®-Steuerung und der kompakten Bauweise als anschlussfertige Lösung einfach in vorhandene oder neue Anlagen eingebaut werden.

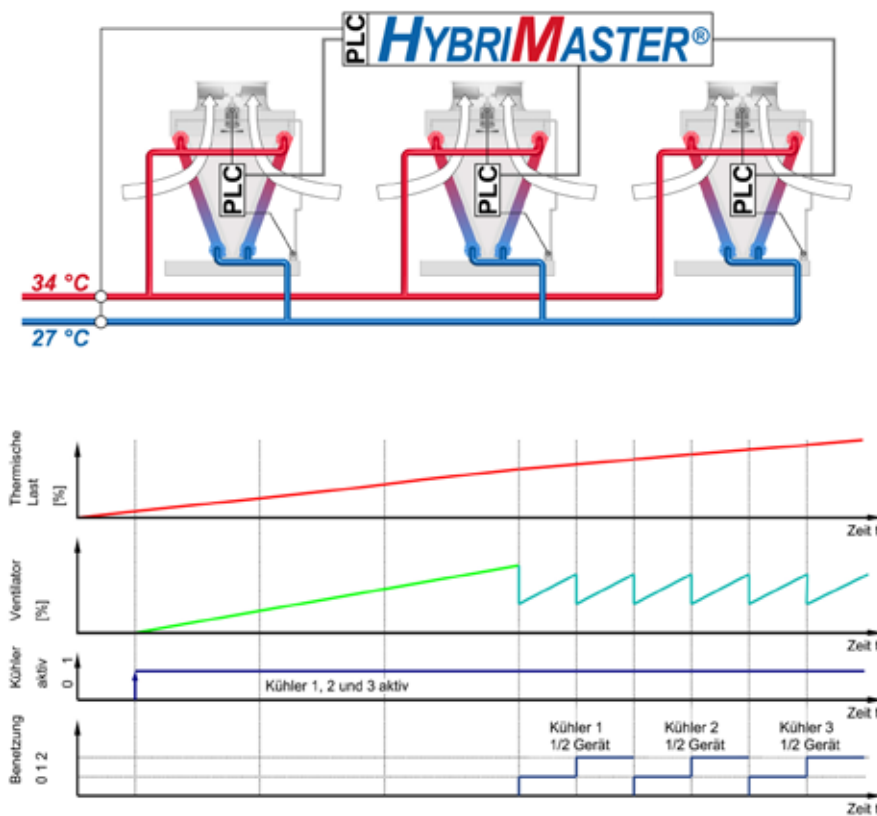


Funktionsschema Hybrider Trockenkühler, JAEGGI Hybridtechnologie AG

HybriMatic®-Steuerung für optimalen Betrieb

Die hybriden Trockenkühler werden immer auf wassersparenden Betrieb optimiert: Während der kälteren Jahresstunden oder bei Teillastbetrieb werden die Kühler durch die JAEGGI-HybriMatic®-Steuerung rein trocken betrieben, d. h. mit konvektiver Wärmeübertragung an die Umgebungsluft. Erst wenn die geforderte Kaltwassertemperatur im Trockenbetrieb nicht mehr erreicht wird, erfolgt automatisch die Zuschaltung des Benetzungskreislaufs. Damit arbeiten die Kühler durch die Ausnutzung des natürlichen Verdunstungsprinzips absolut energieeffizient, sparen aber im Vergleich zu Nasskühltürmen je nach Betriebspunkt und Auslegung 70 – 90 % des Wasserverbrauchs und die damit verbundenen Kosten ein.

Bei Anlagen mit mehreren Hybriden Trockenkühlern erfolgt die Anlagensteuerung nach dem Master-Slave-Prinzip mit der übergeordneten HybriMaster®-Steuerung.



Funktionsprinzip Mastersteuerung bei Verbundanlagen mit mehreren Hybridkühlern

Betriebscharakteristik hybrider Trockenkühler

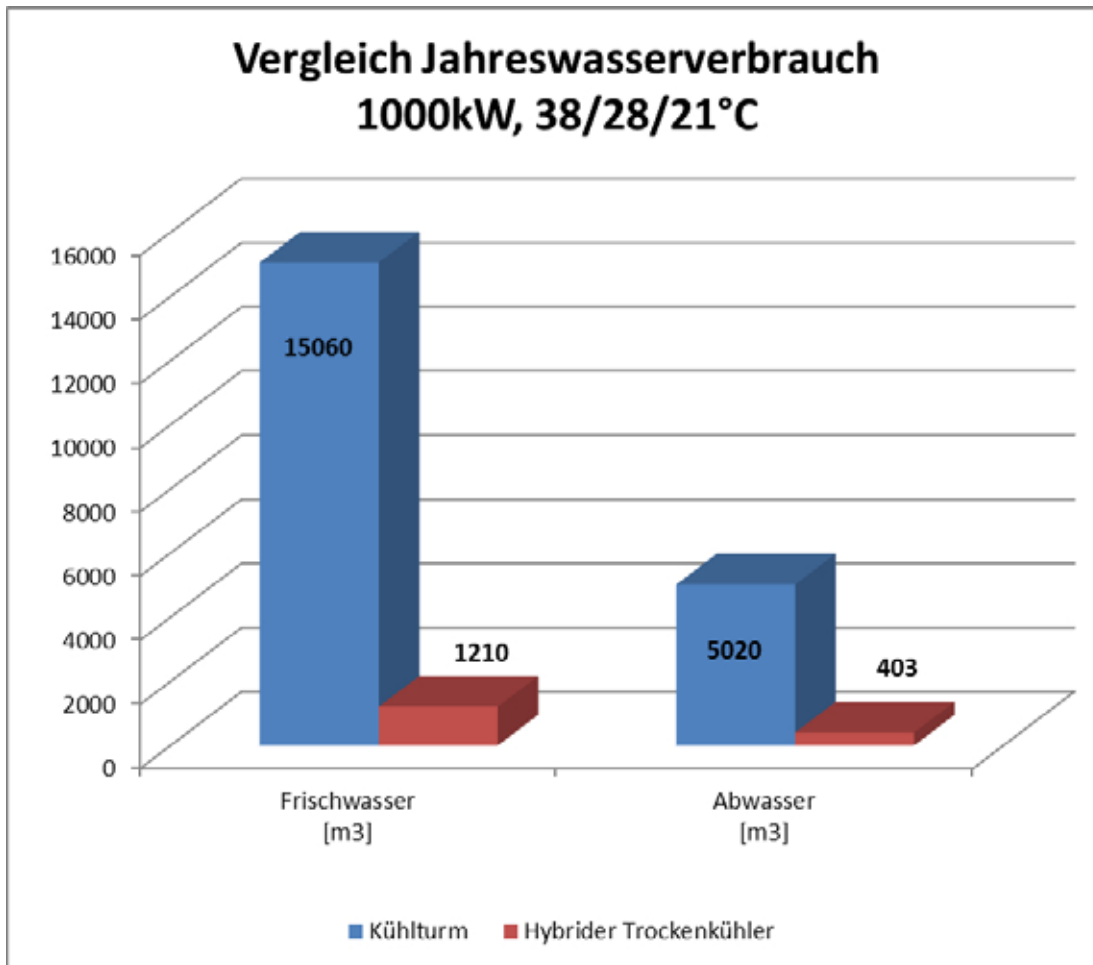
Durch die innovative Hybridtechnologie ist es gelungen, energieeffiziente Rückkühltechnik basierend auf dem natürlichen Verdunstungsprinzip mit wassersparender Trockenkühlung in einem Gerät zu kombinieren. Sobald der projektierte Umschaltzeitpunkt für Trockenbetrieb erreicht wird, schaltet der Kühler automatisch die Benetzung ab und arbeitet dann trocken ohne Wasserverbrauch. Die Umschaltzeitpunkte für Trockenbetrieb liegen je nach Auslegung meist zwischen 10 °C und 20 °C Umgebungstemperatur. Die Wassereinsparung gegenüber herkömmlichen Nasskühltürmen ist erheblich, da die Kühler über viele Jahresstunden hinweg trocken oder nur teilbenetzt arbeiten.

Eine typische Betriebscharakteristik ist in nachfolgender Tabelle für einen hybriden Trockenkühler am Standort München dargestellt. Der Umschaltzeitpunkt für Trockenbetrieb liegt in diesem Beispiel bei 18 °C, es wurde eine ganzjährig konstante Last von 1.000 kW mit Mediumtemperaturen 38/28 °C im 3-Schichtbetrieb angenommen.

Luft-Zustandsbereich (Betriebszustand)			Fahrweise des Kühlers		Ventilator-drehzahl	Wasserverbrauch		Leistungsbedarf gesamt	Betriebsstunden	Kühlleistung	Kühlwasser	
						Frischwasser	Abwasser				Ein	Aus
von [°C]	bis [°C]	Phi %	trocken	be-netzt	%	EZ = 3 [m³]	EZ = 3 [m³]	[kWh]	h	[MW]	[°C]	
-29.0	-20.0	0	1	0	28	0	0	2	5	1.000	38.0	28.0
-20.0	-17.0	0	1	0	30	0	0	7	16	1.000	38.0	28.0
-17.0	-14.0	0	1	0	31	0	0	19	38	1.000	38.0	28.0
-14.0	-11.0	0	1	0	34	0	0	47	77	1.000	38.0	28.0
-11.0	-8.0	0	1	0	36	0	0	97	129	1.000	38.0	28.0
-8.0	-5.0	0	1	0	39	0	0	257	276	1.000	38.0	28.0
-5.0	-2.0	0	1	0	42	0	0	649	552	1.000	38.0	28.0
-2.0	1.0	0	1	0	45	0	0	1'911	1263	1.000	38.0	28.0
1.0	4.0	0	1	0	50	0	0	1'952	972	1.000	38.0	28.0
4.0	7.0	0	1	0	55	0	0	2'635	959	1.000	38.0	28.0
7.0	10.0	0	1	0	62	0	0	4'117	1'038	1.000	38.0	28.0
10.0	13.0	0	1	0	72	0	0	6'894	1'117	1.000	38.0	28.0
13.0	16.0	0	1	0	87	0	0	10'769	1'005	1.000	38.0	28.0
16.0	18.0	0	1	0	100	0	0	7'289	446	1.000	38.0	28.0
18.0	19.0	66	1/2	1/2	77	187	63	1'430	175	1.000	38.0	28.0
19.0	22.0	60	1/2	1/2	89	456	153	4'518	374	1.000	38.0	28.0
22.0	24.1	56	1/2	1/2	99	223	74	2'768	165	1.000	38.0	28.0
24.1	25.0	55	0	1	53	100	33	201	53	1.000	38.0	28.0
25.0	28.0	48	0	1	56	176	59	357	84	1.000	38.0	28.0
28.0	31.0	41	0	1	59	59	20	123	26	1.000	38.0	28.0
31.0	33.0	36	0	1	61	9	3	18	4	1.000	38.0	28.0
						1210	403	46060	8760			

Betriebscharakteristik einer Beispielanlage für Hybridkühler mit ganzjährigem Vollastbetrieb und konstanter Kühlleistung von 1000 kW bei Mediumtemperaturen 38/28°C am Standort München.

Für den Hybriden Trockenkühler ergibt sich ein Jahreswasserverbrauch (Verdunstung und Abschlämmung bei 3-facher Eindickung) von 1.210 m³ und eine Abwassermenge von 403 m³. Beim Einsatz eines Nasskühlturmes würden hingegen 15.060 m³ Frischwasser verbraucht und eine Abwassermenge von 5.020 m³ anfallen.



Vergleich Wasserverbrauch Kühlturm gegenüber Hybridkühler einer Beispielanlage für ganzjährigen Volllastbetrieb und konstanter Kühlleistung von 1000 kW bei Mediumtemperaturen 38/28°C am Standort München

Durch die hybride Trockenkühlung reduziert sich also in diesem Beispiel der Wasserverbrauch um ca. 90 %. Dies spart nicht nur enorme Kosten für die Betreiber, sondern schont auch die Umwelt und unsere Ressourcen, da auch der Rohstoff Wasser immer knapper wird.

„EER“ = 120: Hybride Trockenkühlung macht´s möglich

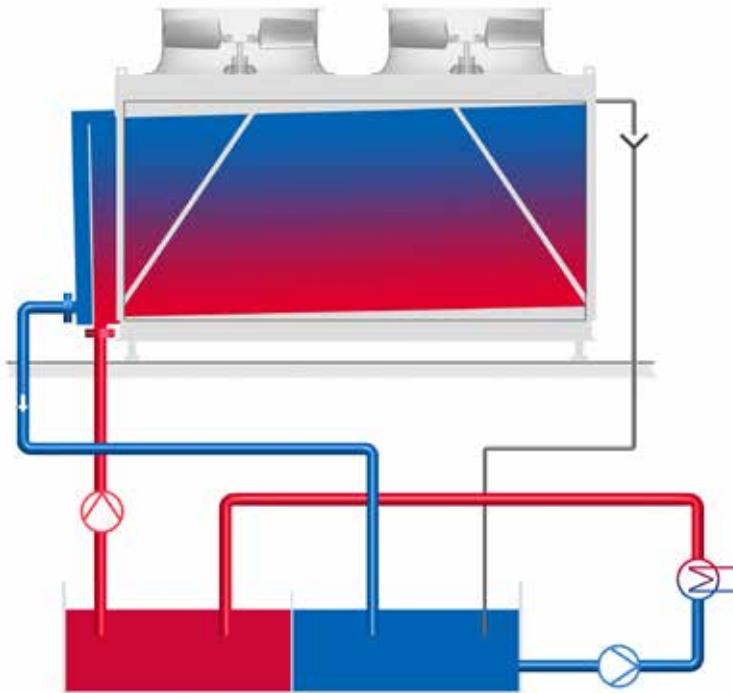
Am Beispiel einer ausgeführten Anlage lässt sich die Energieeffizienz der hybriden Trockenkühler eindrücklich belegen: Der abgebildete Kühler HTK 2.4/9.0 wird zur Prüfstandskühlung eingesetzt und erbringt mit einem Kraftbedarf von 3 x 4,8 kW für die Ventilatoren und 2 x 0,7 kW für die Benetzungspumpen = gesamt 15,8 kW eine Kühlleistung von 1.900 kW (Wassermenge 230 m³/h, Warmwassertemperatur 35 °C, Kaltwassertemperatur 28 °C, Feuchtkugeltemperatur 21,5 °C). Damit ergibt sich ein sehr hoher, energieeffizienter „EER“-Wert von 1900 kW/15,8 kW = 120 (Anmerkung: Der EER-Wert gilt eigentlich für Kältemaschinen und wird hier im übertragenen Sinne benutzt).



Hybrider Trockenkühler HTK 2.4/9.0 zur Prüfstandskühlung, Kühlleistung 1900 kW bei Mediumtemperaturen 35/28°C, Foto: JAEGGI Hybridtechnologie AG

Im Teillastbetrieb oder bei niedrigeren Feuchtkugeltemperaturen wird die Ventilator Drehzahl durch die Hybrid-Matic®-Steuerung über Frequenzumrichter stufenlos reduziert. Da der Kraftbedarf der Ventilatoren in der dritten Potenz zur Drehzahl fällt, steigt der „EER“-Wert dann exponentiell an. Im obigen Beispiel erreicht der Kühler damit bei halber Ventilator Drehzahl einen „EER“-Wert von 590.

Hybrider Trockenkühler in selbstentleerender Ausführung



Funktionsschema für Rückkühl-Kühlwasseranlage mit selbstentleerendem Hybridkühler

Üblicherweise werden Hybride Trockenkühler mit einem Wasser-Glykol-Gemisch betrieben, um bei Anlagenstillstand im Winter Frostschäden zu verhindern. Für den Ersatz vorhandener offener Nasskühltürme oder für die Planung von Neuanlagen ohne Glykol bietet JAEGGI auch eine selbstentleerende Ausführung für den Betrieb mit reinem Wasser an. Hier ist durch eine spezielle konstruktive Ausführung sichergestellt, dass der Kühler bei Anlagenstillstand automatisch in ein frostsicher aufgestelltes bauseitiges Becken leerläuft.

Adiabate Kühler

Seit einigen Jahren sind am Markt auch vermehrt sogenannte adiabate Sprühkühler verfügbar. Je nach Auslegungsbedingungen kann dies eine preiswerte Alternative zu Hybriden Trockenkühlern sein. Dabei wird an handelsüblichen Trockenkühlern entweder gegen oder mit dem Luftstrom Wasser versprüht, um die Kühlluft unter die Umgebungstemperatur abzukühlen und somit auch Mediumtemperaturen unter der Umgebungstemperatur zu erreichen. Problematisch ist hierbei, dass im Sprühbetrieb die für Trockenbetrieb konzipierten Kühlregister nass werden und dadurch die Gefahr von Korrosion und Ablagerungen besteht. Die Sprühdauer ist begrenzt, und bei längerer Sprühdauer ist enthärtetes oder vollentsalztes Wasser erforderlich. JAEGGI hat sich daher für eine andere Lösung mit Befeuchtermatten im Lufteintritt entschieden.



Baureihe ADC, adiabater Trockenkühler mit Befeuchtermatten im Lufteintritt

Foto: JAEGGI Hybridtechnologie AG

Der große Vorteil dieser Lösung ist, dass für die Befeuchtermatten kein aufbereitetes Wasser erforderlich ist, da die Kühlregister trocken bleiben. Deshalb gibt es hier auch im Gegensatz zu Sprühkühlern keine Begrenzung der Betriebsstunden im Nassbetrieb. Die Kühler können dadurch auch problemlos mit gleitendem Sollwert betrieben werden. Die erreichbaren Mediumtemperaturen liegen etwa 6 K über der Feuchtkugeltemperatur. Im Vergleich zum je nach Auslegungspunkt teureren hybriden Trockenkühler wird zwar mehr Platz und mehr Strom benötigt, dafür liegt der Umschaltzeitpunkt für Trockenbetrieb höher und die Wasserkosten sind niedriger.



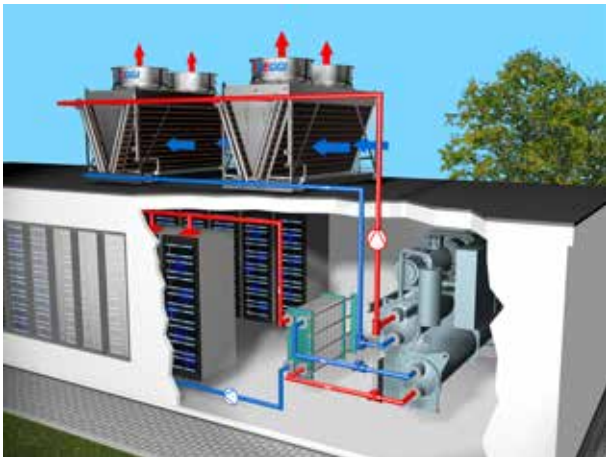
ADC-Kühler zur Gebäudeklimatisierung in London
Foto: JAEGGI Hybridtechnologie AG

Größer einkaufen, mehr sparen

Weitere Energieeinsparungen sind möglich durch bewusstes Überdimensionieren der Rückkühler. Im Auslegungspunkt arbeitet der Kühler dann mit reduzierter Luftmenge und reduzierter Ventilator Drehzahl, was den Stromverbrauch exponentiell reduziert, da der Kraftbedarf der Ventilatoren in der dritten Potenz zur Drehzahl fällt. Außerdem erhöht sich durch den größeren Kühler bei adiabaten oder hybriden Trockenkühlern der Umschaltzeitpunkt für Trockenbetrieb, wodurch sich neben den Stromeinsparungen weitere Einsparungen bei den Frischwasserkosten ergeben. Die zunächst höheren Investitionskosten für den größeren Kühler werden durch die viel niedrigeren Betriebskosten wieder kompensiert. Je nach projektspezifischen Strom- und Wasserkosten liegt die Amortisationszeit für den Mehrpreis des größeren Kühlers bei unter einem Jahr.

Energiesparen mit „freier Kühlung“ (free-cooling)

Bei Kaltwasseranlagen sind erhebliche Energieeinsparungen mit der so genannten „freien Kühlung“ möglich: Eine Kaltwasseranlage mit wassergekühltem Kaltwassersatz wird dabei so geplant, dass bei entsprechend niedrigen Umgebungstemperaturen der energieintensive Kaltwassersatz ausgeschaltet werden kann und der Rückkühler (Kühlturm, Trockenkühler, adiabater oder hybrider Trockenkühler) anstatt der Kondensatorkühlung allein die Prozesskühlung übernimmt. Auch hier rechnen sich die Mehrkosten für überdimensionierte Kühler und speziell für hybride Trockenkühler innerhalb kürzester Zeit.



Beispiel für eine DataCenter-Anwendung mit „freier Kühlung“: die Kältemaschine läuft nur bei hohen Feuchtigkeittemperaturen, Normalbetrieb unter Umgehung der Kältemaschine nur mit den Hybridkühlern.

Fazit

Oftmals werden aufgrund kurzfristiger Geschäftsstrategien nur die Investitionskosten betrachtet und dadurch vermeintlich billige Systeme installiert, die in der Folge sowohl hohe Kosten verursachen als auch die Umwelt durch höheren Primärenergieeinsatz schädigen. Mit gut geplanten Anlagen und modernen Rückkühlern können Unternehmen jedoch sehr viel Energie und Kosten einsparen sowie die Umwelt schonen. Verdunstungskühlgeräte und insbesondere hybride Trockenkühler, die gleichzeitig Strom und Wasser sparen, leisten einen wirksamen und wertvollen Beitrag zur Ressourcenschonung und zum Umweltschutz.