



www.jaeggi-hybrid.eu

Technical article from
24.02.2017

Author



Jan Ballandt
Bereichsleiter
Süd- und Ostdeutschland
JAEGGI Hybridtechnologie AG

JAEGGI Hybridtechnologie AG
Hirschgässlein 11
CH-4051 BASEL
SWITZERLAND

Member of Güntner Group



Datencenterkühlung mit hybriden Rückkühlern

Vor der Investitionsentscheidung für die optimale Technik zur Kühlung eines Rechenzentrums steht eine sorgfältige Bestandsaufnahme des lokalen Klimas sowie der internen Anforderungen. Nicht nur prinzipiell unterschiedliche Rückkühltechnologien stehen zur Verfügung, sondern auch durch die Änderung von Betriebsparametern und intelligente Anlagentechnik können Betriebskosten eingespart werden.

Die optimale Temperatursteuerung von Datacentern erfordert den Spagat, einerseits aus wirtschaftlichen Erwägungen den Wert der Power Usage Effectiveness (PUE = Quotient aus gesamten Energieverbrauch und dem der IT) möglichst gering zu halten und andererseits für die Servertechnologie optimale Arbeitsbedingungen bereitzustellen. Schließlich werden durchschnittlich 50 Prozent des Stromverbrauchs in Datacentern für die Raumkonditionierung, Wärmeabfuhr und die Sicherstellung einer unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) aufgewendet.

Eine gute Orientierung für ein optimales Serverraumklima bieten die Guidelines der ASHRAE TC9.9 (Empfehlungen und Richtwerte für die Raumlufttemperatur und Feuchte). Neben den Einschränkungen durch Budget für die Investitions- und Betriebskosten sowie Bauvorschriften entscheiden grundsätzlich die technischen Vorgaben an die Zu- und Fortluft sowie das lokale Klima über die optimale Rückkühltechnik in Datacentern.

Sechs unterschiedliche Rückkühltechnologien

Zur Rückkühlung stehen theoretisch sechs unterschiedliche Technologien zur Auswahl: trockene, besprühte, adiabate und hybride Rückkühler sowie geschlossene und offene Kühltürme – die technische Bandbreite reicht also von trockener bis hin zu rein „nasser“ Rückkühlung.

Bei luftgekühlten Rückkühlssystemen sind den Rücklauftemperaturen physikalische Grenzen gesetzt. Bei trockenen Systemen gilt ein Kühlgrenzabstand von ca. 6 bis 8 K noch als wirtschaftlich, so dass bei 34 °C Außenlufttemperatur eine Rücklauftemperatur von rund 40 °C realisiert werden kann. Nasskühltürme verursachen dagegen hohe Betriebskosten.

Deutlich effizienter ist es, freie Kühlung bei steigenden Außentemperaturen zusätzlich mit der Nutzung von Verdunstungskälte zu kombinieren, insbesondere um den Betriebszustand der freien Kühlung zu verlängern. Diese technische Alternative wird durch die

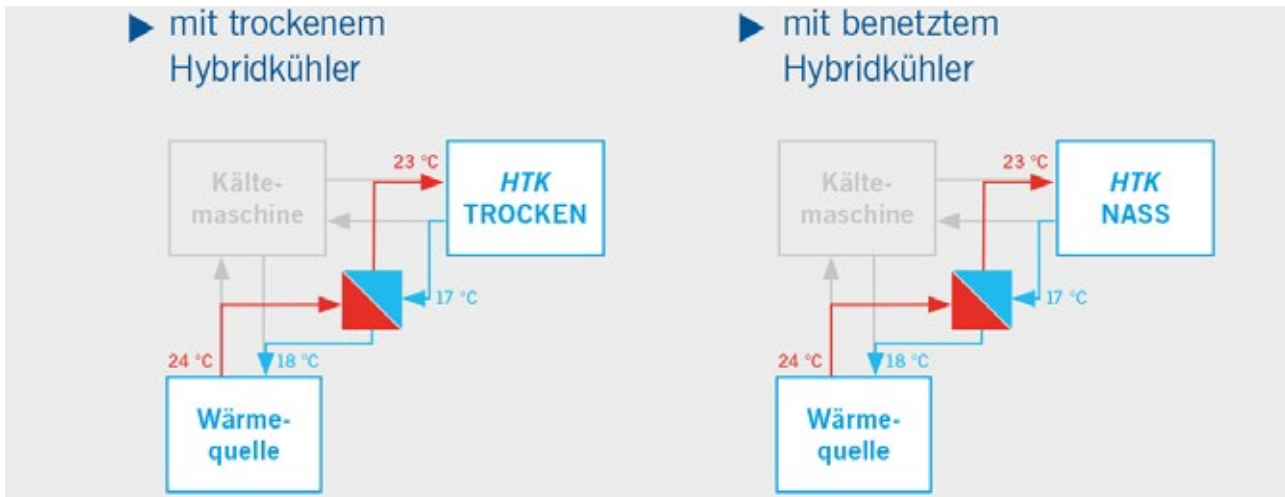


Abbildung 1: Betriebsart Freikühlung bei niedrigen Außentemperaturen ohne Kältemaschinenbetrieb in trockenem und benetztem Betrieb

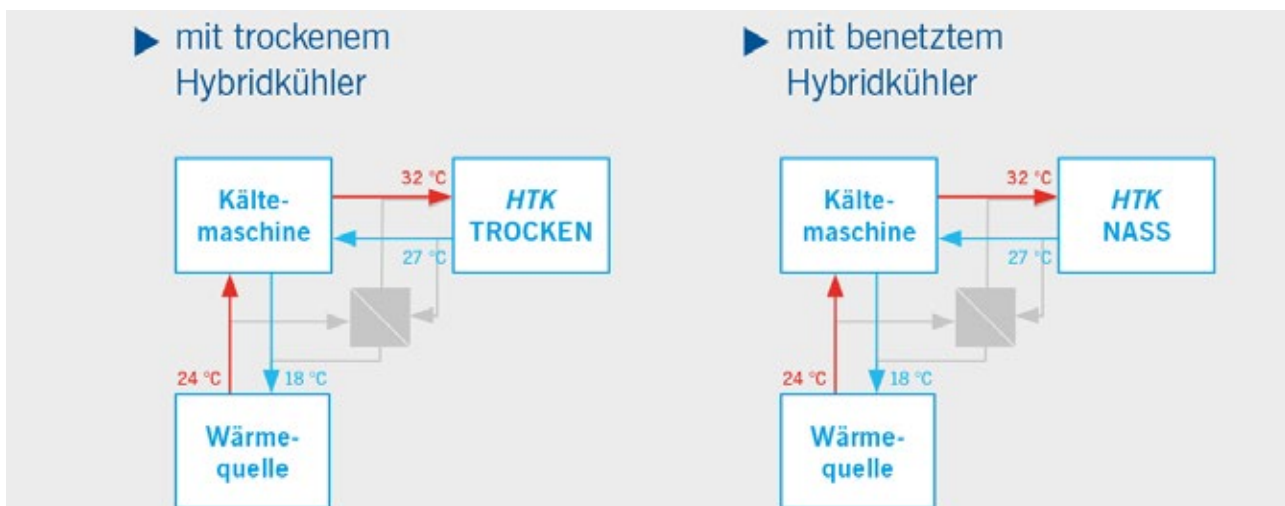


Abbildung 2: Betriebsart Kältemaschinenbetrieb bei hohen Außentemperaturen in trockenem und benetztem Betrieb

Weiterentwicklung der IT-Server-Hardware zunehmend interessanter, da diese heute bis zu 32 °C als Zuluft-Temperatur toleriert; 18 – 27 °C werden im 2011 ASHRAE Handbook für Server-Räume empfohlen. Damit wären je nach Anlagentechnik nur noch Kaltwassertemperaturen von ca. 24 °C notwendig.

Sehr niedrige Temperaturen im Datacenter sind dagegen ökonomisch nicht sinnvoll, da diese einen enormen Aufwand für Kühlung und Abfuhr der Wärme aus dem Serverraum an die Umgebung verursachen. Minimiert oder eliminiert man zusätzlich für den Freikühlbetrieb Temperaturdifferenzen, zum Beispiel am Plattenwärmeübertrager zur Systemtrennung zwischen den Wasserkreisläufen Rechenzentrum/Rückkühlung, kann das Potential der Freien Kühlung nochmals verbessert bzw. bei ungünstigen klimatischen Bedingungen überhaupt verfügbar gemacht werden. Unter Umständen kann bei geeigneten Klimavoraussetzungen auf diese Weise gänzlich auf die Installation einer Kompressionskältemaschine verzichtet werden.

Sorgfältige Bedarfsanalyse

Im Rahmen der Projektplanung und -vorbereitung werden zunächst umfangreiche Berechnungen zum Betriebsverhalten der Anlagen angestellt. Die äußeren Bedingungen, also die klimatischen Einflüsse am geplanten Standort, werden durch statistische Daten erfasst, nämlich Temperaturbereiche sowie die Stundenanzahl bei definierten Trockenkugel und Feuchtkugeltemperaturen.

Mit Hilfe der erforderlichen oder angestrebten Temperaturen im Datacenter können nun verschiedene Alternativen zur Anlagentechnik vorgeschlagen und die entsprechenden Ressourcenverbräuche und Betriebskosten berechnet werden.

In Europa ist es bei Rechenzentren oft üblich, die Rückkühlanlagen mit einer wassergekühlten Kältemaschine und Systemtrennung für den Kältemaschinen-Freikühlbetrieb auszustatten. Moderne Kaltwassersätze haben bei Vollast eine Energy Efficiency Ratio (EER) von 5 bis 10. Da zur Effizienzsteigerung einer Kälteanlage auch die Verbraucher Umwälzpumpen und Rückkühler betrachtet werden müssen, ergeben sich bei dieser Konstellation theoretisch drei „Stellschrauben“:

1. Die Verflüssigungstemperatur und damit die Kühlwassertemperatur werden so niedrig wie möglich ausgelegt. Als Richtwert kann man annehmen, dass pro 1 K abgesenkter Verflüssigungstemperatur ca. 3 % elektrische Leistungsaufnahme am Motor der Kältemaschine eingespart werden. Bei Kühlwassertemperaturen 35/30 °C ergibt sich somit für eine Kältemaschine ein EER von 5, bzw. bei 1.000 kW Kälteleistung eine Motorleistung von 200 kW. Wird bei dieser Maschine dagegen die Kühlwassertemperatur um 5 K auf ein Niveau von 30/25 °C abgesenkt, beträgt der EER 6, bzw. für 1.000 kW Kälteleistung ist eine Motorleistung von 167 kW erforderlich. Diese Differenz von 33 kW mindert auch die anzuführende Wärmemenge am Rückkühler.
2. Die Verdampfungstemperatur und damit die Eintrittstemperatur des Kaltwassers in den Wärmetauscher vom Serverraum werden so hoch als möglich eingestellt, was mit neuerer IT-Technik einfach möglich ist.
3. Das Kaltwasser wird bei niedrigen Außentemperaturen durch Freie Kühlung bereitgestellt, so dass die Kältemaschine abgeschaltet bleibt oder im niedrigen Teil-Lastbetrieb gefahren werden kann.

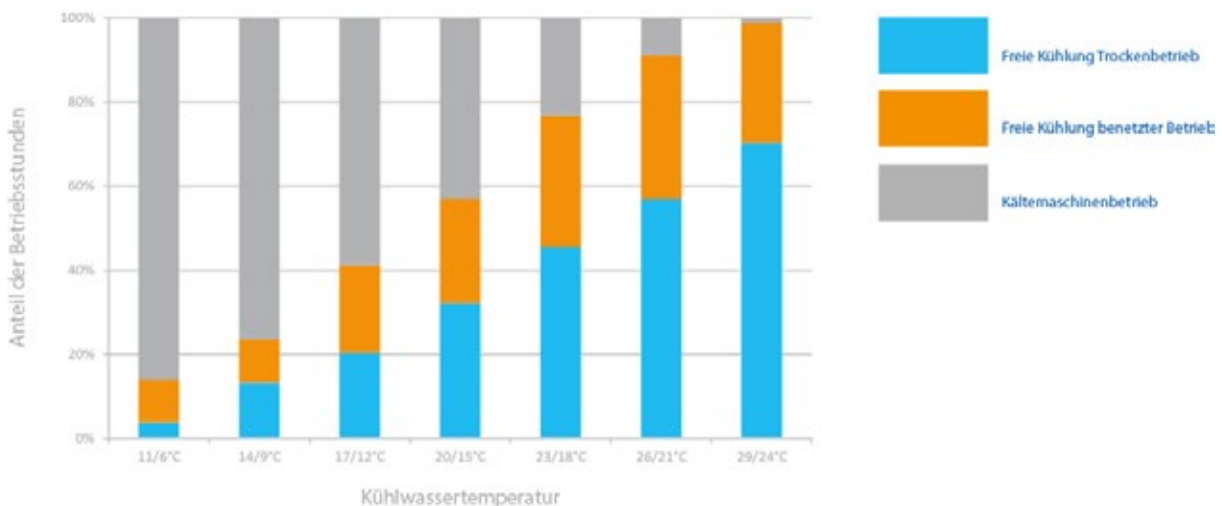
Hybride Trockenkühlung

Die bewährte Technik der freien Kühlung kann durch den Einsatz von hybriden Trockenkühlern noch weitaus effizienter gestaltet werden, da in diesen die Vorteile der trocken und wassergekühlten Rückkühlung für einen Ressourcen schonenden Betrieb kombiniert sind. Durch entsprechende Anlagenschaltung kann der Rückkühler bei niedrigen Umgebungstemperaturen direkt die Abkühlung des Kaltwassers von 20 °C auf 15 °C übernehmen. Die Kältemaschine bleibt dabei ausgeschaltet. Im Trockenbetrieb ist das bis zu einer Umgebungstemperatur von ca. 7 °C möglich, benetzt bis zu einer Feuchtkugelttemperatur von ca. 9,5 °C (15 °C bei rel. Feuchte 49 %).

Der Leistungsbedarf reduziert sich bei dieser Betriebsart auf den Strombedarf der Rückkühler. Wenn im gleichen Zug auch die Lufttemperatur der Serverraumzuluft und die dafür erforderliche Kaltwassertemperatur angehoben werden, ergeben sich auf diese Weise deutlich längere Betriebszeiten im Freikühl-Modus als im rein trockenem Freikühlbetrieb. Bei einer Datacenter-Temperatur von +32 °C kann bis +25 °C Außentemperatur der effiziente Freikühl-Modus eingesetzt werden.

Abbildung 3:

Mit steigendem Temperaturniveau im Server-Raum steigt das Potenzial von freier und hybrider Kühlung – bei sinkenden Betriebskosten.



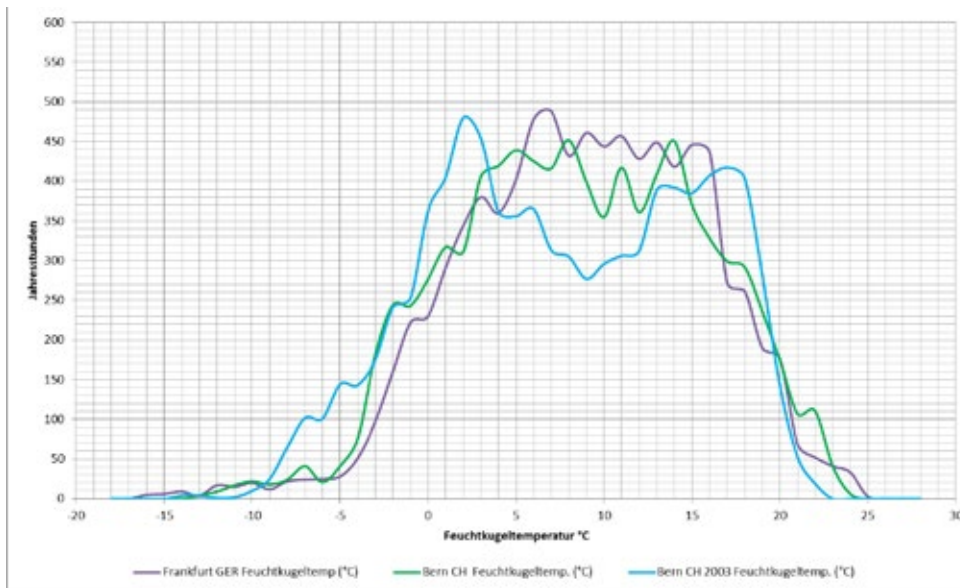


Abbildung 4: Klimadatenvergleich Frankfurt und Bern (statistisch und Jahr 2003)

Für einen energieeffizienten Betrieb ist eine intelligente Steuerung unerlässlich, die selbständig ein gewünschtes System-Temperaturniveau regelt und das erforderliche Benetzungswasser-Management übernimmt. Die Steuerung muss einerseits die Überwachung des Benetzungswasser-Kreislaufs übernehmen und andererseits die Leistungsregulierung des Rückkühlers. Ein sicherer Betrieb sowie der sparsame Einsatz von Wasser- und Strom im ganzen Kühlkreislauf sind ebenfalls wesentlich. Die Steuerung hat die Aufgabe, aus den sich zunächst widersprechenden Anforderungen jeweils den optimalen Betriebspunkt zu ermitteln. Betriebsdaten, Störmeldungen sowie Freigaben oder gleitende Sollwerte sollten darüber hinaus über definierte Schnittstellen (Busanbindung, Kontakte) mit einer übergeordneten Gebäudeleittechnik ausgetauscht werden können.

Vergleich Nass- und Hybridkühlung

Um den Wirkungsgrad eines Hybridkühlers mit denen eines Nasskühlturmes zu vergleichen, wurden diese Anlagen am Aufstellort Frankfurt/Main gegenübergestellt. Bei der ersten Anlage handelt es sich um einen Produktionsbetrieb, der rund um die Uhr in einer Werkshalle eine Raumtemperatur von 18 °C benötigt. Zur Rückkühlung wird hier ein herkömmlicher Nasskühlturm eingesetzt. Die zweite Anlage ist ein hybrider Trockenkühler, der die Wärme eines Rechenzentrums abführt, welches bei Außentemperaturen über 34 °C seine Serverräume auf eine Raumtemperatur gleitend auf maximal 32 °C einstellt. Es wurde eine ganzjährig konstante Kühllast von 1.000 kW zugrunde gelegt.

Durch die hybride Trockenkühlung war der Wasserverbrauch beim JAEGGI Hybrid Trockenkühler gegenüber dem Nasskühlturm um über 90 Prozent reduziert. Die Temperatur-«Anhebung» im Datacenter auf maximal +32 °C im Vergleich zu +18 °C in der Produktionshalle hatte zur Folge, dass die Freikühlung an knapp drei Vierteln des Jahres genutzt werden konnte. Die auf diese Weise reduzierte Betriebsstundenzahl der Kältemaschine senkte die Betriebskosten des Hybriden Trockenkühlers auf 44 % der zum Vergleich herangezogenen Nasskühlturm-Referenz.

In einem anderen untersuchten Datacenter in Skandinavien läuft die Kältemaschine nur zu 2 % im Alleinbetrieb. In dieser Rückkühlanlage wurden Hybride Trockenkühler in Serie mit luftgekühlten Kältemaschinen geschaltet und die Anlage wird zu fast 60 % ausschliesslich durch freie Kühlung betrieben. Während der übrigen Zeit kühlen die Hybriden Trockenkühler das Prozessfluid vor und die Kältemaschine kühlt es nachfolgend auf das erforderliche Temperaturniveau herunter.

Verzicht auf Kaltwassererzeuger

Um die Betriebszeit des Freikühlbetriebs zu maximieren, muss das erforderliche Temperaturniveau verschoben werden, um bei der Systemtrennung Rechenzentrum/Rückkühler am Plattenwärmeübertrager Verluste zu minimieren. Bei einem Datacenter in der Nähe von Bern wurde dieses Vorhaben erfolgreich in die Tat umgesetzt und

das Datenzentrum arbeitet ohne zentrale Kältemaschine. In der Planungsphase wurden die klimatischen Bedingungen dabei nicht - wie allgemein üblich – anhand von statistischen Langzeitdaten berücksichtigt, sondern die Anlage wurde aufgrund von Temperaturdaten des Jahr 2003 mit maximaler sommerlicher Hitze dimensioniert. Dieses Jahr weist im Vergleich mit dem statistischen Durchschnittsjahr eine deutliche Verschiebung der mittleren Temperaturen in höhere Temperaturbereiche auf. Mit dieser zusätzlich zugrunde gelegten klimatischen Abweichung wurde bei der Auslegung eine zusätzliche Redundanz vorgesehen und damit die Betriebssicherheit nochmals verbessert. Auch kann davon ausgegangen werden, dass sich dieses Konzept auf die klimatischen Verhältnisse in Deutschland problemlos übertragen lässt.

Geothermischer Kältespeicher

Eine weitere Möglichkeit, auf eine zentrale Kältemaschine zu verzichten, ist die Nutzung einer natürlichen Kältesenke. In den Niederlanden ist beispielsweise die Nutzung von Grundwasser-Aquifere als geothermischer Speicher möglich. Mit Hilfe dieser natürlichen Speicher werden die Lastspitzen in Tages- oder Jahreszeiten verschoben, in denen konventionelle Kühlung möglich ist, bzw. umgekehrt formuliert: Kälte wird zu klimatisch günstigen Zeiten gewonnen und geothermisch zwischengespeichert. Da gesetzliche Vorgaben eine ausgeglichene thermische Bilanz des Speichers fordern, wird die Anlage bei niedrigen Außentemperaturen (1,5 °C) durch freie Kühlung gekühlt und der thermische Speicher mit Kälte „beladen“. Soweit technisch möglich, kühlen die Hybridkühler das Fluid zwischen Außentemperaturen von 14- bis 25 °C vor, und die Differenz zum gewünschten Temperaturniveau wird mit der tiefen Medientemperatur des thermischen Speichers ausgeglichen. Steigen die Außentemperaturen über 25 °C, dient ausschließlich der thermische Speicher als Kältereservoir.

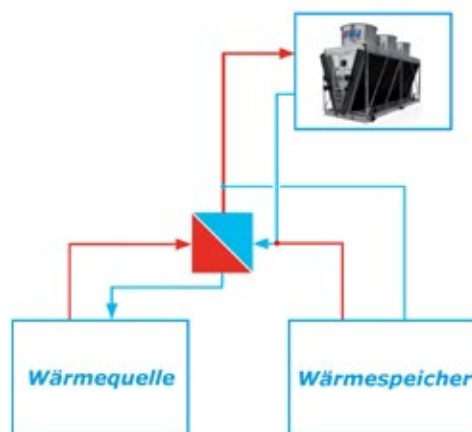


Abbildung 5: Systemskizze eine Anlage mit thermischem Speicher

Betriebsweise Hybrider Trockenkühler

Hybride Trockenkühler von JAEGLI sind für den energie- und betriebskosteneffizienten Betrieb der Gesamtanlage optimiert. Wegen ihrer großen lamelierten Wärmeübertragerfläche können sie im überwiegenden Teil des Jahres ohne Wasser und Verdunstung als reiner Trockenkühler betrieben werden. Die Betriebskosten der Rückkühlung beschränken sich während des Trockenbetriebs auf den Energieverbrauch der Ventilatoren, Medienpumpen und der Regelungstechnik. Für die Leistungsregulierung des Hybridkühlers werden effiziente Ventilatoren mit einer Drehzahlregelung über Frequenzumformer eingesetzt.

Durch die Benetzung der robusten, aus walzhartem Aluminium hergestellten und mit Louvern versehenen Lamellen kann die Leistung der Hybridkühler bei hohen Außentemperaturen enorm gesteigert werden. Dabei entsprechen die JAEGLI Hybridkühler vom Typ HTK bei spezifikationsgemäßem Gebrauch den Hygiene-Anforderungen der VDI 2047-2 und erfüllen so auch die strengen Anforderungen von sensiblen Branchen und Anwendungen.