

# Effiziente Kühlung von Rechenzentren mit hybriden Trockenkühlern

---

## Green-IT, der Klimawandel ist auch in den Rechenzentren angekommen

Umweltverträgliche und nachhaltige IT ist angesichts des Klimawandels und ökologischer Herausforderungen ein zentrales Thema und wurde auch entsprechend auf der DataCenterConvention im Mai 2011 in Zürich diskutiert. Ziel ist es, Energieressourcen effizienter einzusetzen sowie den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren. Ein Hauptaugenmerk liegt auf dem Erreichen maximaler Energieeffizienz - also einer Optimierung verbrauchter Energie je Leistungseinheit. Wichtigster Hebel gegen den hohen Stromverbrauch und für eine bessere Klimabilanz der Rechenzentren ist eine höhere Energieeffizienz. Da der Stromverbrauch für die Kühlung der Serverräume bei älteren Rechenzentren bis zu 45% des gesamten Stromverbrauchs ausmacht, können hier durch innovative Technologien entsprechend grosse Einsparungen realisiert werden.

## Stromverbrauch in Rechenzentren

Die DENA (Deutsche Energie-Agentur) hat in der Studie „Leistung steigern, Kosten senken: Energieeffizienz im Rechenzentrum“ typische Anteile von IT-Hardware und Betriebstechnik am Stromverbrauch im Rechenzentrum untersucht, s. Abbildung 1.

Die Kühlung stellt mit 25% nach der IT-Hardware den zweitgrössten Stromverbraucher dar und ist damit bei der energetischen Sanierung bestehender Rechenzentren als auch bei der Neuplanung von Rechenzentren entsprechend zu beachten.

## Kühlung von Rechenzentren

In den meisten Fällen werden die Serverräume über klassische Raumluftkühlung mittels kaltwasserbeaufschlagten Umluftkühlern gekühlt. Bei höheren Leistungsdichten werden auch wassergekühlte Racks eingesetzt, siehe Abbildung 2.

Die Kaltwassererzeugung für die Luftkühler erfolgt durch eine Kältemaschine (Wasserkühlsatz), die luft- oder wassergekühlt ausgeführt sein kann. Meist werden aufgrund der höheren Energieeffizienz wassergekühlte Kaltwassersätze eingesetzt. Die Wärmeabfuhr aus dem Verflüssiger des Kältekreislaufs erfolgt hierbei über eine Kühlwasseranlage mit Rückkühler, siehe Abbildung 3.

Bei der Planung und Auslegung der Kälteanlage ist zu beachten, dass je niedriger die Lufttemperatur im Serverraum ist (und damit auch die erforderliche Kaltwassertemperatur), desto höher der technische Aufwand und der Stromverbrauch ausfällt. Daher empfiehlt es sich zu prüfen, welche Temperatur im Serverraum tatsächlich notwendig ist, um eine ausreichende Kühlung der Racks sicherzustellen. Vielfach herrscht die Überzeugung, die Zuluft eines Serverraums müsse hierzu auf unter 20°C gekühlt werden. Nach einer aktuellen Empfehlung des

US-Ingenieurverbandes ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers) ergeben sich die wirtschaftlichsten Resultate aber mit einer Lufttemperatur von ca. 27°C. Damit sind je nach Anlagentechnik nur noch Kaltwassertemperaturen von ca. 24°C notwendig.

## Energieeffizienz und Einsparpotenziale von Kälteanlagen

Moderne wassergekühlte Wasserkühlsätze haben bei Vollast einen EER (Energy Efficiency Ratio) von 4 bis 6. Das bedeutet, dass für z.B. 1000 kW Kälteleistung eine Antriebsleistung am Verdichter von 250 bis 167 KW erforderlich ist. Zusätzliche Verbraucher sind die Umwälzpumpen und Rückkühler.

Um das gesamte Anlagensystem zu optimieren, müssen alle Verbraucher betrachtet werden, da sich alle Anlagenkomponenten gegenseitig beeinflussen, siehe Abbildung 4

Damit ergeben sich drei Ansatzpunkte zur Steigerung der Energieeffizienz der Kälteanlage:

### 1. Verflüssigungstemperatur so niedrig wie möglich:

der Rückkühler wird so gewählt und ausgelegt, dass er möglichst kaltes Kühlwasser bereitstellen kann.

### 2. Verdampfungstemperatur so hoch wie möglich:

Durch Anhebung der Servereintrittstemperatur kann auch die Kaltwassertemperatur entsprechend angehoben werden.

### 3. Free-Cooling nutzen:

der Rückkühler übernimmt bei niedrigeren Umgebungstemperaturen die Kaltwasserproduktion, die energieintensive Kältemaschine bleibt dann ausgeschaltet. Je höher die Kaltwassertemperaturen sind, umso mehr free-cooling-Stunden ergeben sich.

## Rückkühlung mit hybriden Trockenkühlern

Als Rückkühler sind am Markt verschiedenste Systeme wie offener oder geschlossener Kühlturm, Trockenkühler, hybrider oder adiabater Trockenkühler verfügbar. In vielen Fällen wird als Rückkühler ein hybrider Trockenkühler eingesetzt, siehe Abbildung 5, 6 und 7.

Im Gegensatz zu Trockenkühlern werden damit viel niedrigere Kühlwassertemperaturen und damit bessere EER-Werte für die Kältemaschine erreicht, siehe Abbildung 4. Ausserdem ist der Platzbedarf und der Stromverbrauch durch die Ausnutzung des natürlichen Verdunstungsprinzips viel geringer.

Gegenüber Kühlturlösungen wird der Jahreswasserverbrauch je nach Auslegung um ca. 75-90% reduziert, da in der kälteren Jahreszeit und bei Teillast der Kühler rein trocken oder nur teilbenetzt betrieben wird. Ein weiterer Vorteil ist die garantierte Schwadenfreiheit und der viel leisere Betrieb infolge nicht vorhandener Wasserfallgeräusche.

Die hybriden Trockenkühler sind auf wassersparenden Betrieb optimiert: während der kälteren Jahresstunden oder bei Teillastbetrieb werden die Kühler durch die Jäggi- HybriMatic®-Steuerung rein trocken, d.h. mit konvektiver Wärmeübertragung an die Umgebungsluft betrieben. Erst wenn die geforderte Kaltwassertemperatur im Trockenbetrieb nicht mehr erreicht wird erfolgt automatisch die Zuschaltung des Benetzungskreislaufs. Die Kühlgrenze ist die Feuchtkugeltemperatur, in Mitteleuropa liegt diese im Maximum zwischen 21°C (32°C bei rel.

Feuchte 38%) und 22°C (35°C bei rel. Feuchte 35%), die bestenfalls erreichbaren Kühlwassertemperaturen liegen ca. 3-4K darüber.

Damit arbeiten die Kühler durch die Ausnutzung des natürlichen Verdunstungsprinzips absolut energieeffizient, der Energieverbrauch ist durch Einsatz von Axialventilatoren mit FU-Drehzahlregelung und Antriebsmotoren mit Energieeffizienzklasse IE2 minimiert. Beispielsweise benötigt ein hybrider Trockenkühler HTK 1.8/10.9 für ein Rückkühlleistung von 1250 kW und Abkühlung von 32 auf 27°C bei einer Feuchtkugeltemperatur von 22°C nur einen Kraftbedarf von 27 kW: 4 Ventilatoren mit je 6,3 kW und 2 Benetzungspumpen mit je 0,9 kW.

## Free-Cooling mit hybriden Trockenkühlern

Die Einbindung des Beispielkühlers mit 1250 kW Kühlleistung und Abkühlung von 32 auf 27°C zur Rückkühlung einer Kältemaschine mit 1000 kW wird im Anlagenschema Abbildung 8 dargestellt.

Durch entsprechende Anlagenschaltung kann der Rückkühler bei niedrigeren Umgebungstemperaturen direkt die Abkühlung des Kaltwassers von 20 auf 15°C übernehmen, sog. Free-Cooling, siehe Abbildung 9. Die Kältemaschine bleibt dann ausgeschaltet. Im Trockenbetrieb geht das bis zu einer Umgebungstemperatur von ca. 7°C, benetzt bis zu einer Feuchtkugeltemperatur von ca. 9,5°C (15°C bei rel. Feuchte 49%). Statt eines Leistungsbedarfs von 250 kW (EER=4) für die Kältemaschine plus 27 kW für die Rückkühlung = gesamt 277 kW reduziert sich damit der Leistungsbedarf auf 27 kW, die Einsparung beläuft sich auf ca. 90%.

Wenn wie schon beschrieben die Lufttemperaturen der Serverräume und damit die erforderlichen Kaltwassertemperaturen angehoben werden, ergeben sich umso längere Betriebszeiten mit energiesparendem Free-Cooling und ausgeschalteter Kältemaschine, siehe Abbildung 10.

## Fazit

Neben luftseitigen Massnahmen wie der strikten Trennung von Kalt- und Warmluft in den Serverräumen ist die Anhebung der Raumtemperatur in Verbindung mit Free-Cooling-Betrieb hybrider Trockenkühler ein wirkungsvolles Mittel, um Energie im Rechenzentrum einzusparen. Diese Maßnahme verkürzt die Laufzeit der energieintensiven Kältemaschinen und nutzt mittels hybrider Kühlung das natürliche und umweltfreundliche Verdunstungsprinzip.

Mit der von ASHRAE empfohlenen Serveransaugtemperatur von 27° C könnte in Mitteleuropa fast ganzjährig auf die energieintensive Kältemaschine verzichtet werden. Solange die Kältemaschine in Betrieb ist können hybride Trockenkühler sehr niedrige Kühlwassertemperaturen bereitstellen und damit den EER der Kältemaschine verbessern und so den Stromverbrauch deutlich reduzieren.

## Autor:

Joachim Weber, JAEGGI Hybridtechnologie AG



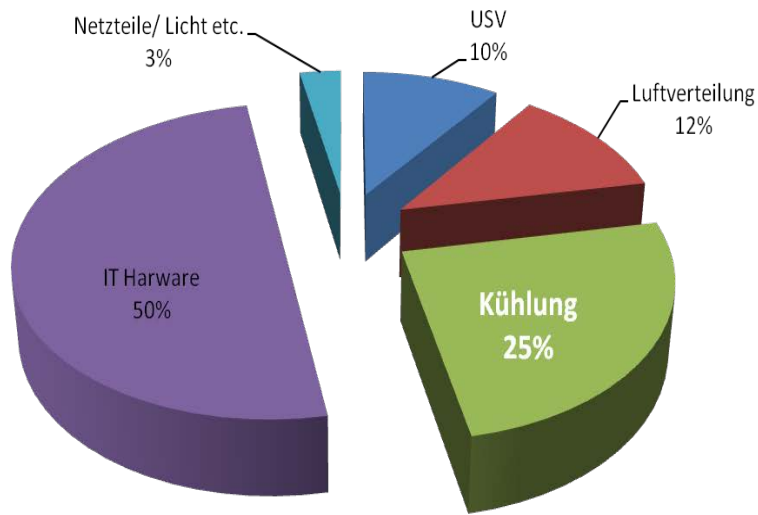


Abbildung 1:  
typische Anteile von IT-Hardware und Betriebstechnik am Stromverbrauch im Rechenzentrum,  
Quelle: www.dena.de

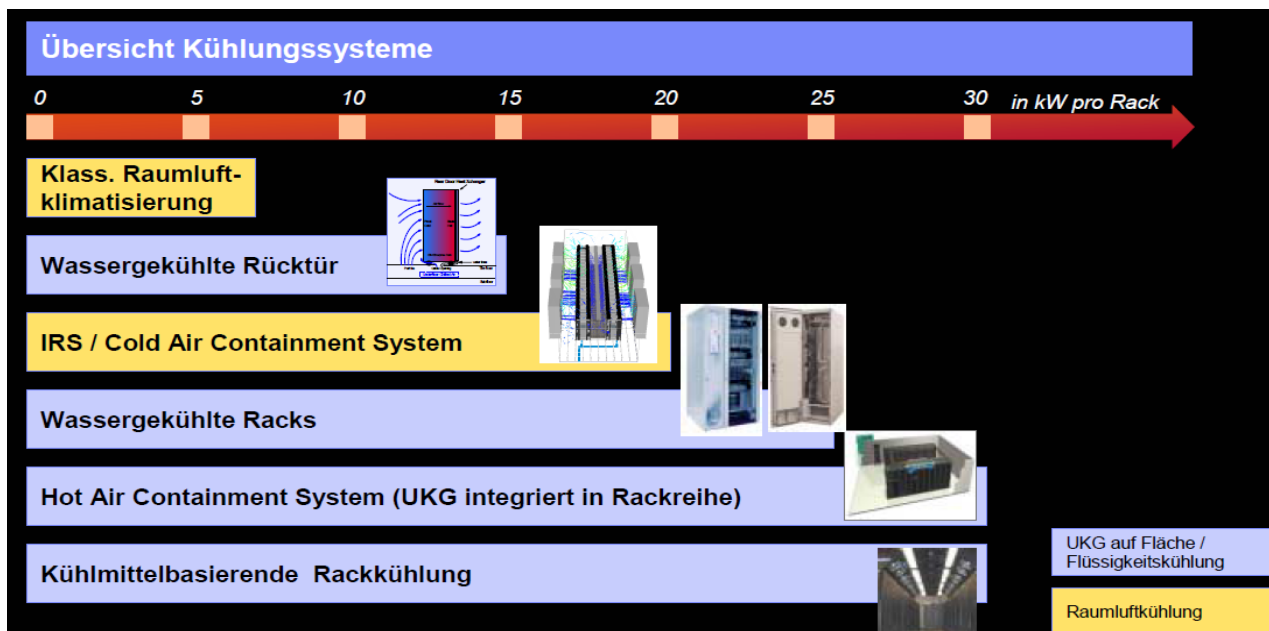


Abbildung 2, Übersicht Kühlsysteme, Quelle: IBM Site and Facility Services

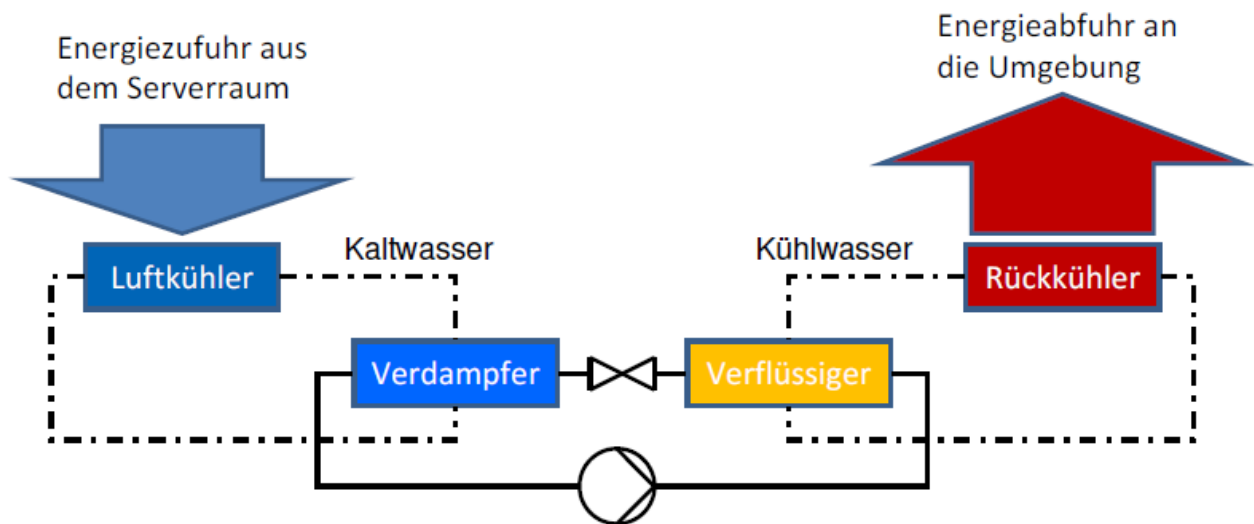


Abbildung 3: Anlagenschema für wassergekühlte Kälteanlage

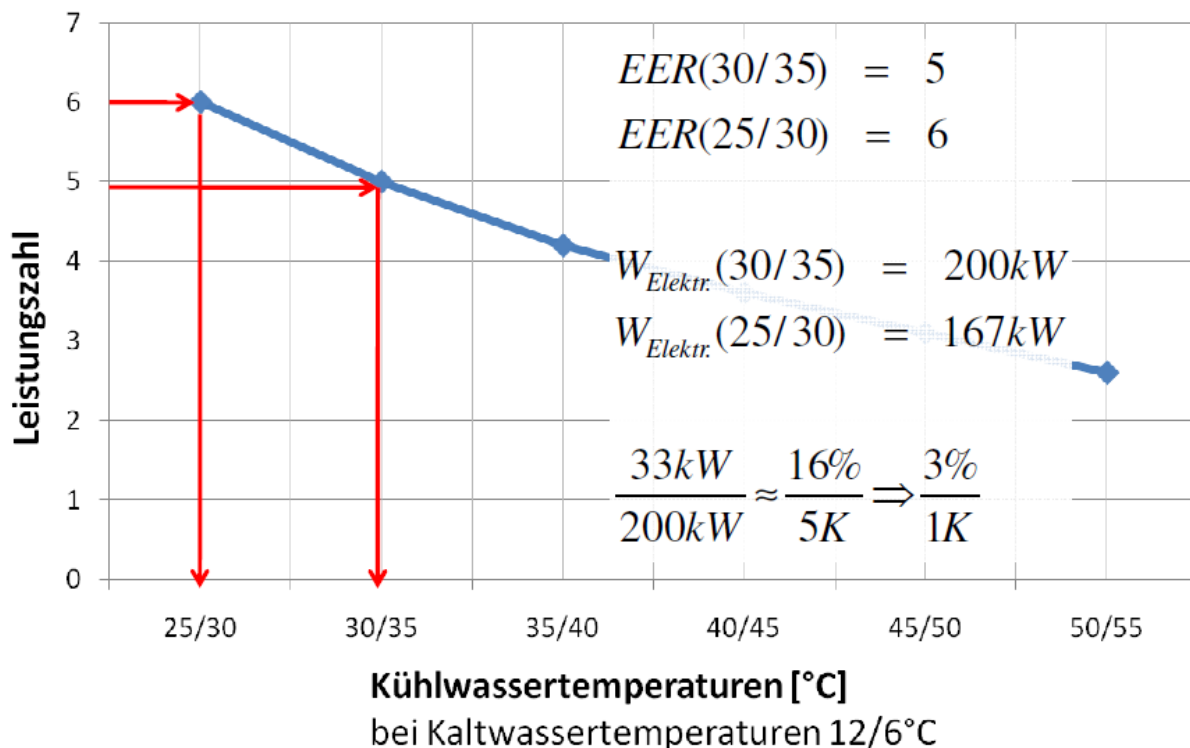


Abbildung 4:  
EER einer modernen Turbokältemaschine. Bei Kühlwassertemperaturen 35/30°C ergibt sich ein EER von 5, d.h. bei 1000 kW Kälteleistung eine Motorleistung von 200 kW. Bei 5K niedrigeren Kühlwassertemperaturen von 30/25°C ergibt sich ein EER von 6, d.h. bei 1000 kW Kälteleistung eine Motorleistung von nur noch 167 kW. Als Richtwert kann man ableiten, dass pro 1K niedrigerer Verflüssigungstemperatur ca. 3% Leistungsbedarf an der Kältemaschine eingespart werden. Die Mehrausgaben für einen grösseren oder leistungsfähigeren Rückkühler sind damit schnell amortisiert.

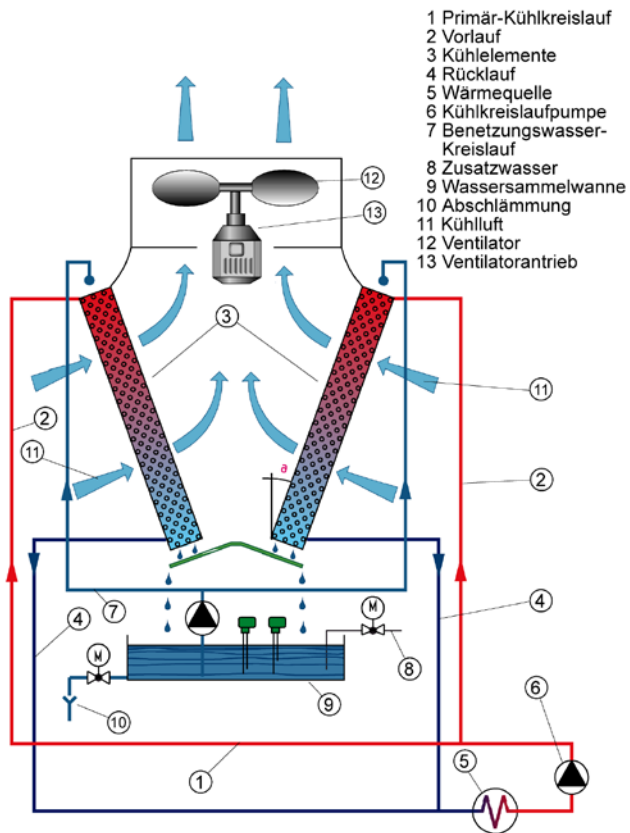


Abbildung 5:  
Funktionsprinzip hybrider Trockenkühler Fa. JAEGGI Hybridtechnologie AG



Abbildung 6:  
Hybridkühler für ein Rechenzentrum bei SAP



Abbildung 7:  
Hybridkühler für die Klimatisierung von Rechner- und Serverräumen einer Telekommfirma

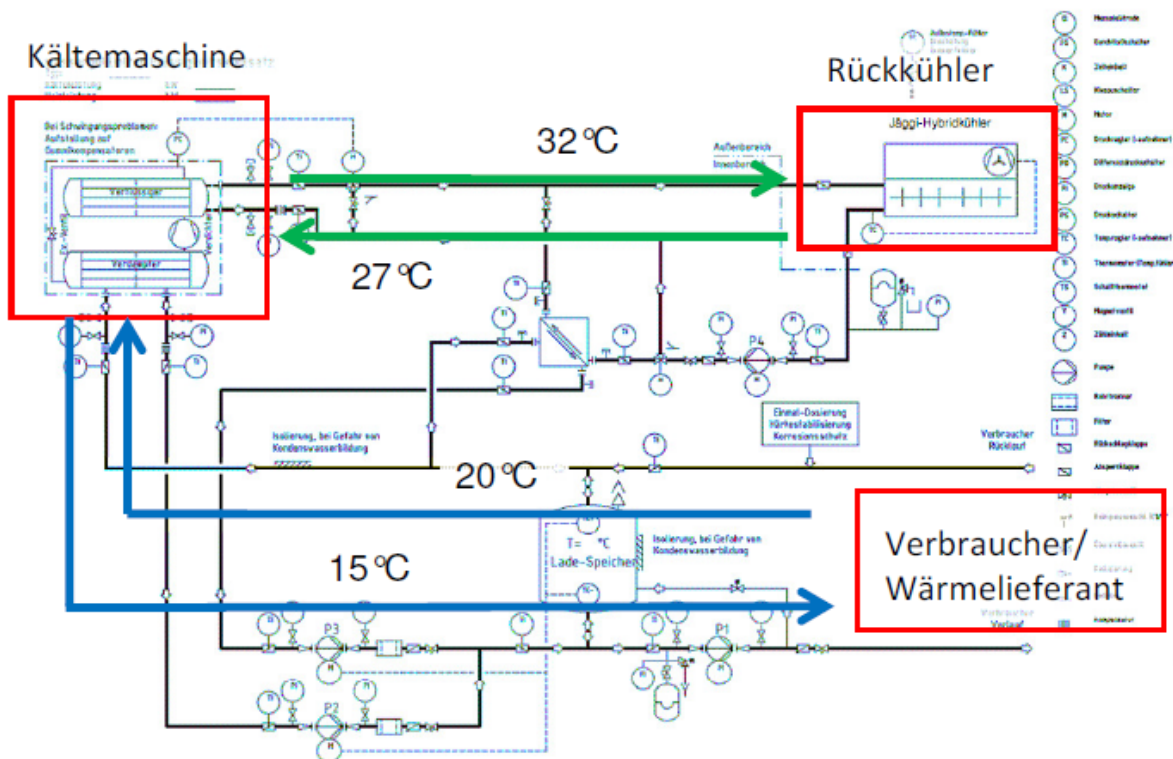


Abbildung 8:  
Anlagenschema Rückkühl-Betrieb. Am Verdampfer des Wasserkühlsatzes wird 15-grädiges Kaltwasser erzeugt, das den Verbrauchern (Umluftkühler im Serverraum) zugeführt wird und mit 20°C zurückkommt. Der Verflüssiger des Wasserkühlsatzes wird über den Rückkühler mit 27-grädigem Wasser gekühlt, das Kühlwasser fließt mit 32 °C zum Rückkühlwerk zurück.

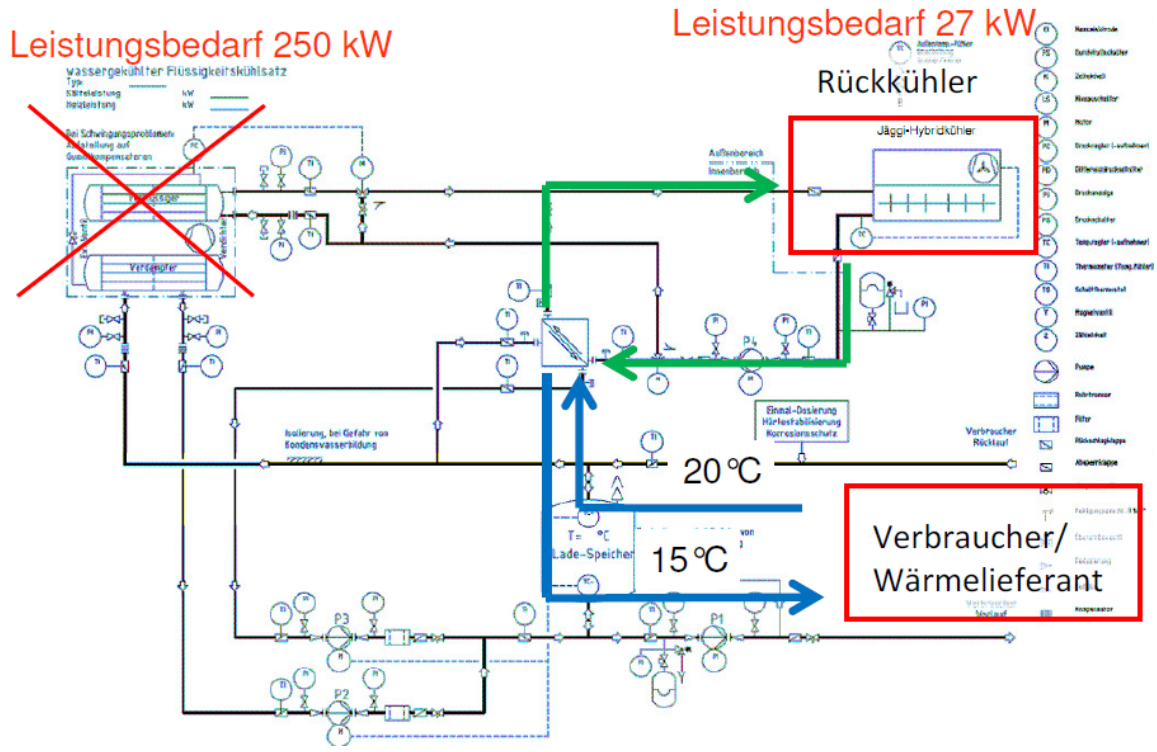


Abbildung 9:  
Anlagenschema free-cooling-Betrieb. Das 15-gradige Kaltwasser wird direkt vom Rückkühlwerk erzeugt, der energieintensive Wasserkühlsatz bleibt ausgeschaltet. Im Rückkühlwerk wird das in den Verbrauchern (Umluftkühler im Serverraum) erwärmte Kühlwasser wieder von 20 auf 15°C abgekühlt.

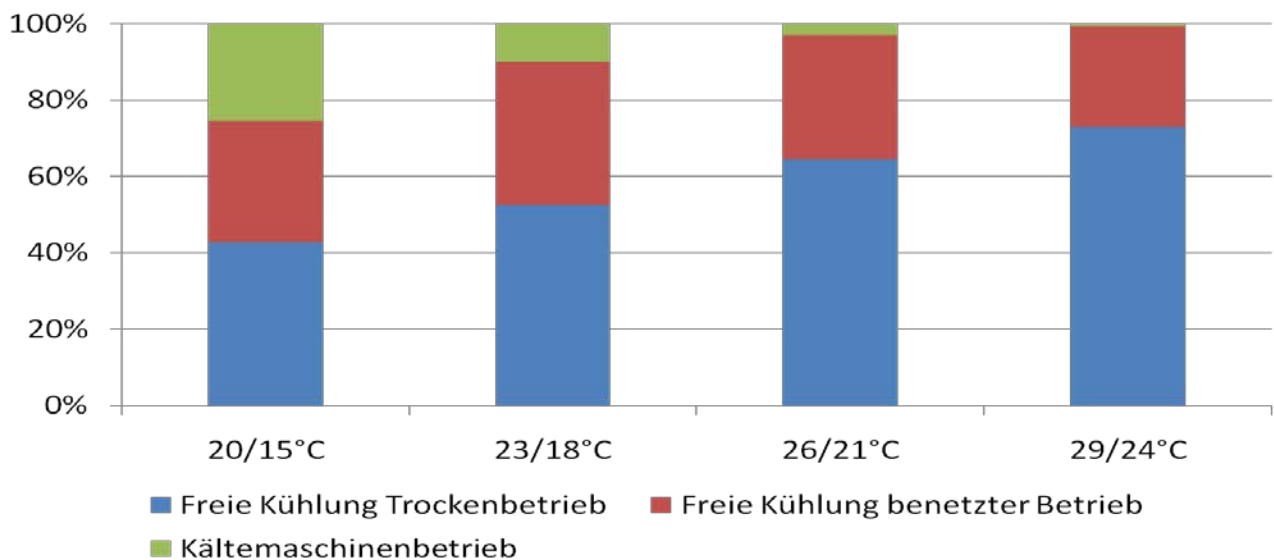


Abbildung 10:  
Jahresbetriebsstunden FreeCooling mit hybridem Trockenkühler bei steigenden Kaltwassertemperaturen, Standort Zürich