

STULZ

CLIMATE. CUSTOMIZED.

Freie Kühlung für Rechenzentren

Version 1, September 2015

Inhalt

1. Überblick	3
2. Einleitung	3
3. Temperaturen in Rechenzentren und freie Kühlung	4
4. Direkte freie Kühlung	4
5. Indirekte freie Kühlung	6
5.1. Einstufige indirekte freie Kühlung	6
5.2. Zweistufige indirekte freie Kühlung	8
5.2.1. Zweistufige indirekte freie Kühlung: Klimagerät und Trockenkühler	8
5.2.2. Zweistufige indirekte freie Kühlung: Wassergekühltes Klimagerät mit Kaltwassersatz	9
6. Adiabate Unterstützung	11
6.1. Adiabatik bei Anlagen mit direkter freier Kühlung	12
6.2. Adiabatik bei indirekten Freikühlanlagen	12
6.3. Techniken adiabatischer Kühlung	12
6.4. Verwendung von Adiabatik	13
7. Weitere Freikühlanlagen	13
8. Zusammenfassung	13



1. Überblick

Dieses White Paper liefert einen Überblick zum Thema freie Kühlung für Rechenzentren. Es setzt sich aus einer allgemeinen Beschreibung der freien Kühlung und einer Erläuterung der verschiedenen für die freie Kühlung verfügbaren Lösungen sowie ihrer Stärken und Schwächen zusammen. „Freie Kühlung“ und „Economizer“ sind äquivalente Begriffe. „Economizer“ wird heute vorwiegend in Nordamerika verwendet.



2. Einleitung

Was versteht man unter freier Kühlung? Ist freie Kühlung tatsächlich kostenlos, wie es der Begriff suggeriert?

Mit freier Kühlung für Rechenzentren wird allgemein die Ableitung von Wärme, die IT-Anlagen in Rechenzentren erzeugen, mithilfe kalter Außenluft und somit ohne Einbindung von Kälteverdichtern bezeichnet. Dennoch muss Luft bewegt werden, um Wärme abzuleiten, und das heißt, dass Lüfter angetrieben werden müssen. Bei Systemen mit indirekter freier Kühlung werden sowohl Lüfter als auch Pumpen, aber keine energieintensiven Kälteverdichter eingesetzt. Freie Kühlung bedeutet somit, Wärme mit minimalem Energieaufwand, der zum Betrieb von Lüftern und Pumpen erforderlich ist, aus dem Rechenzentrum abzuführen. Dieser Energieaufwand, der zum Kühlen des Rechenzentrums (oder Abführen der Wärme) erforderlich ist, liegt weit unter dem Energiebedarf von Systemen ohne freie Kühlung, die Kälteverdichter zum Ableiten von Wärme benötigen.

3.

Temperaturen in Rechenzentren und freie Kühlung

In Rechenzentren lassen sich verschiedene Temperaturen messen (beispielsweise die Zuluft-, die Rückluft-, die Raumluft-, die Kaltgang-, die Servereintrittstemperatur und so weiter). Wenn es um Temperaturen im Rechenzentrum geht, muss eindeutig angegeben werden, welche Temperatur gemeint ist.

Es ist allgemein bekannt, dass sich Servereintrittstemperatur und Serveraustrittstemperatur signifikant auf den Wirkungsgrad jedes Kühlsystems auswirken. Die Servereintrittstemperatur ist mit der Zulufttemperatur des Klimagerätes vergleichbar (wenn minimale Verluste angenommen werden). Die Serveraustrittstemperatur ist mit der Rücklufttemperatur des Klimagerätes vergleichbar, wenn die Luftströmung durch das Rechenzentrum einwandfrei ausgelegt ist und keine Rückströmung, keinen Luftbypass oder signifikante Leckagen vorhanden sind (dieses Thema wurde in einem weiteren White Paper von STULZ ausführlich diskutiert).

Je höher die Servereintrittstemperatur ist, desto effizienter ist das Kühlsystem und desto mehr Stunden freie Kühlung lassen sich pro Jahr erzielen.

Vor zwanzig Jahren galt die Rücklufttemperatur von Klimageräten für Rechenzentren als ausschlaggebender Regelparameter, der auf 22–24 °C eingestellt wurde. Hieraus resultierten unnötig niedrige Zulufttemperaturen um 12 °C. Heute wird ein ganz anderer Ansatz gewählt. In modernen Rechenzentren ist die Zulufttemperatur der entscheidende Regelparameter. Nach Empfehlung von ASHRAE TC 9.9 (thermische Richtlinien für Rechenzentren aus dem Jahr 2011) wird er in der Regel zwischen 18 °C und 27 °C eingestellt. Hieraus resultieren Rücklufttemperaturen zum Klimagerät von 25–40 °C. Hieran wird deutlich, dass das Gesamttemperaturniveau in Rechenzentren heute etwa 10 °C höher liegt.

4.

Direkte freie Kühlung

Vereinfacht lässt sich die direkte freie Kühlung so beschreiben: Fenster öffnen, kalte Außenluft durch das Rechenzentrum blasen, Wärme aufnehmen und dann nach draußen transportieren, fertig! Physikalisch geschieht genau das. Allerdings ist zum Bewegen von Luft Energie erforderlich.

Leider gestalten sich die Dinge in der Praxis nicht so einfach. Außenluft weist nicht immer den Zustand auf, der für die IT-Anlagen geeignet ist. Manchmal ist sie heiß, manchmal kalt, manchmal sehr feucht und manchmal sehr trocken. Und die Außenluft ist nicht

immer sauber. Sie enthält häufig Partikel, die für moderne IT-Anlagen ausgesprochen schädlich sind. Aus diesem Grund sollte direkte freie Kühlung nur eingesetzt werden, wenn die negativen Eigenschaften der Außenluft durch finanziell akzeptable Maßnahmen beseitigt werden können.

Es wird deutlich, dass sich die Hauptvorteile relativieren, wenn aufgrund der Bedingungen vor Ort kostspielige Zusatzmaßnahmen ergriffen werden müssen.

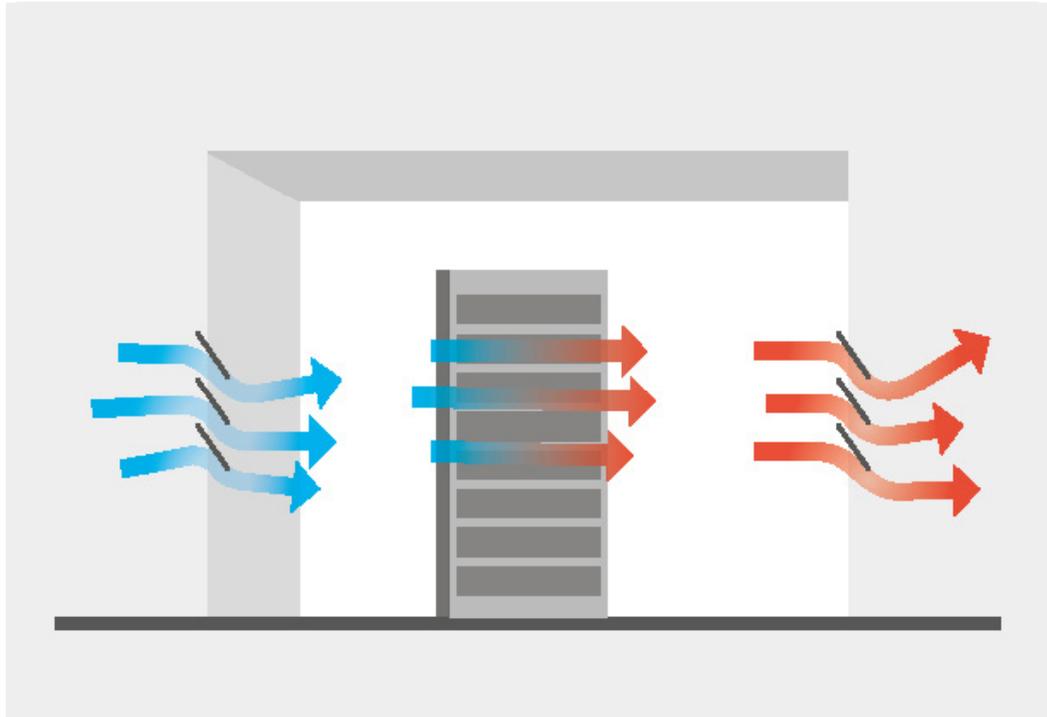


Abbildung 1: Direkte freie Kühlung

Direkte freie Kühlung

STÄRKEN

- Höchste theoretische Effizienz aller Freikühlsysteme

SCHWÄCHEN

- Abhängigkeit von der Außenluftqualität
- Signifikante Luftfiltration erforderlich
- Hoher Wartungsaufwand
- Maßnahmen zur Befeuchtung und Entfeuchtung erforderlich
- Großer Innenraumbedarf für Luftkanäle
- Sicherheitsrisiken müssen berücksichtigt werden.
- Auf Standorte mit kälterem Klima beschränkt
- Mit Kunden müssen Service-Level-Vereinbarungen mit Feuchtetoleranzen geschlossen werden.
- 100 %ige Reserve für mechanische Kühlung erforderlich

5. Indirekte freie Kühlung

Bei indirekter freier Kühlung bleibt das Fenster geschlossen. Außenluft mit allen Schmutzpartikeln gelangt nicht ins Rechenzentrum und bleibt draußen. Die oben genannten Schwächen der direkten freien Kühlung gelten nicht für die indirekte freie Kühlung. Leider ist die indirekte freie Kühlung theoretisch nicht so effizient wie die direkte freie Kühlung, da mindestens eine Wärmeübertragung zwischen der Luft im Rechenzentrum und der Außenluft stattfinden muss. Mindestens ein Wärmetauscher ist erforderlich, und der ist gleichbedeutend mit einer Einbuße bei der Effizienz.

5.1. Einstufige indirekte freie Kühlung

Einstufige indirekte Freikühlsysteme übertragen Wärme mithilfe eines Luft-Luft-Wärmetauschers. Die Luft im Rechenzentrum wird umgewälzt und durch den Innenbereich des Luft-Luft-Wärmetauschers geleitet, ohne dass direkter Kontakt oder Vermischung mit Außenluft stattfindet. Die Außenluft wird durch den Außenluftbereich des Luft-Luft-Wärmetauschers und danach aus dem Gebäude geführt.

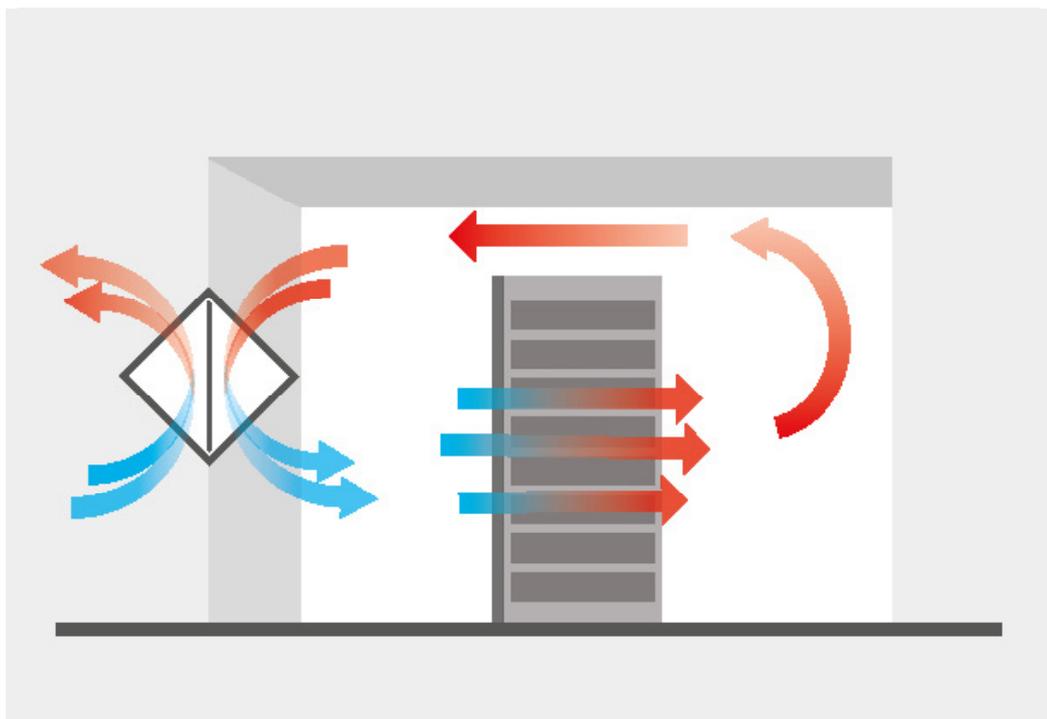


Abbildung 2: Indirekte freie Kühlung mit Luft-Luft-Plattenwärmetauscher

Dieser Luft-Luft-Wärmetauscher kann entweder als würfelförmiges Gehäuse, in der Regel ein fest montierter Plattenwärmetauscher, oder als großes, langsam rotierendes Wärmerad ausgeführt werden.

Mechanische Kühlung ist weiterhin erforderlich, um die indirekte freie Kühlung zu ergänzen, wenn die Außenluft zu warm ist. Einstufige indirekte Freikühlsysteme beanspruchen viel Raum, da die Luft-Luft-Wärmetauscher viel größer als Wärmetauscher in Klimageräten sind. Ähnlich wie bei Systemen mit direkter freier Kühlung müssen große Luftmengen in den Luft-Luft-Wärmetauscher geführt und auch wieder herausgeleitet werden. Hierbei gelten ähnliche Überlegungen, was Öffnungen in der Bausubstanz (Zuluft und Abluft) und die Sicherheitsproblematik anbelangt.

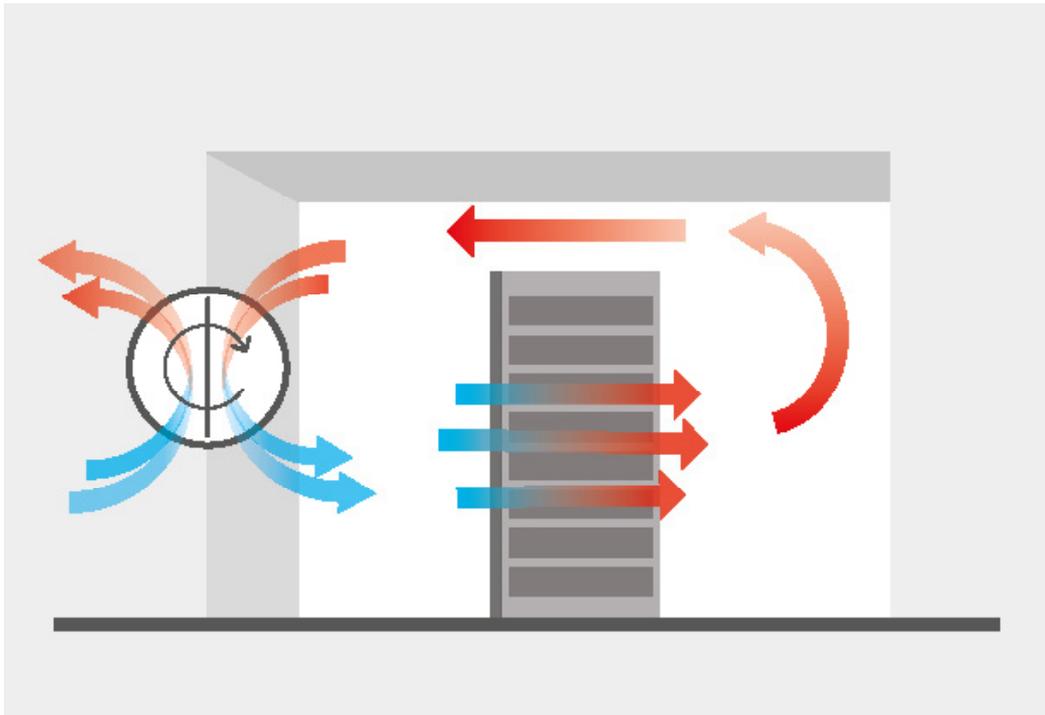


Abbildung 3: Indirekte freie Kühlung mit Rotationswärmetauscher

Indirekte freie Kühlung

STÄRKEN

- Sehr hohe Effizienz
- Unabhängig von der Außenluftqualität
- Unabhängig von der Außenluftfeuchtigkeit

SCHWÄCHEN

- Sehr große Standfläche im Innenbereich erforderlich. Vier- bis sechsmal mehr Platzbedarf als bei zweistufigen Systemen.
- 100 %ige Reserve für mechanische Kühlung erforderlich
- Sicherheitsrisiken müssen berücksichtigt werden.
- Zusätzliche Anlage zur Befeuchtung und Entfeuchtung erforderlich

5.2. Zweistufige indirekte freie Kühlung

Zweistufige indirekte Freikühlsysteme benötigen viel weniger Platz als ihre einstufigen Pendanten. Allerdings sind sie geringfügig weniger effizient, da zwei Wärmeübertragungen stattfinden. Im ersten Wärmetauscher wird die Wärme aus der Luft im Rechenzentrum auf ein Fluid, in der Regel Glykol, übertragen. Dieses Fluid wird in relativ kleinen Leitungen nach draußen gepumpt, wo die Wärme aus dem Rechenzentrum über einen zweiten Wärmetauscher an die Außenluft abgegeben wird. Wiederum geht ein kleiner Teil der Effizienz aufgrund dieser zweiten Wärmeübertragung verloren. Hier stellt das mechanische Klimagerät einen integralen Bestandteil des Systems dar und wird verwendet, um die freie Kühlung bei hohen Außentemperaturen zu ergänzen. Ist die Außenluft sehr heiß, erfolgt die gesamte Kühlung mechanisch.

Es gibt generell zwei unterschiedliche zweistufige indirekte Freikühlsysteme: eines besteht aus einem DX-Klimagerät und einem Trockenkühler (Rückkühler) oder Kühlturm, das andere aus einem wassergekühlten Klimagerät und Kaltwassersatz.

5.2.1. Zweistufige indirekte freie Kühlung: Klimagerät und Trockenkühler

Bei diesem System befindet sich ein Klimagerät im Rechenzentrum und ist mit einem zusätzlichen Freikühlwärmetauscher ausgestattet. Die Klimageräte sind über Wasserleitungen mit dem Trockenkühler verbunden, der sich außerhalb des Gebäudes befindet. In Kälteperioden versorgt der Trockenkühler das Klimagerät mit Kaltwasser. In dieser Zeit arbeitet das System im Freikühlmodus mit abgeschaltetem Verdichter. Wenn die Umgebungstemperaturen hoch sind, ist die vom Trockenkühler gelieferte Wassertemperatur für die freie Kühlung nicht kalt genug, und das Klimagerät muss auf mechanische Kühlung zurückgreifen, um die Differenz auszugleichen. Zwischendurch arbeitet das System bei mäßigen Außentemperaturen im Mischbetrieb. Neben der freien Kühlung liefert die mechanische Kühlung bei Bedarf ergänzende Kühlleistung. Der Vorteil dieses Systems besteht darin, dass der Mischbetrieb bereits bei relativ hohen Außentemperaturen einsetzt. Sobald der Trockenkühler Wasser mit einer Temperatur unterhalb der Rücklufttemperatur im Rechenzentrum bereitstellen kann, läuft die partielle freie Kühlung an, und die Betriebszeit des Verdichters kann gesenkt werden. Je nach Dimensionierung des Trockenkühlers läuft der Mischbetrieb an, wenn die Außentemperatur etwa 5 °C unter der Rücklufttemperatur im Rechenzentrum liegt. Vollständig freie Kühlung kann dann bei relativ hoher (mäßiger) Außenlufttemperatur gestartet werden, wenn der Trockenkühler eine Wassertemperatur erzeugt, die ausreicht, um das Klimagerät ausschließlich im Freikühlbetrieb laufen zu lassen. Moderne zweistufige Freikühlsysteme, beispielsweise das dynamische STULZ-Freikühlsystem (siehe separates White Paper), arbeiten mit dynamischer Wassertemperatur zwischen Klimagerät und Trockenkühler.

Dies führt zu dynamischer Anpassung an das Teillastverhalten im Rechenzentrum und zur Zunahme der Freikühlstunden. Je geringer die Last, desto höher die Wassertemperatur und desto mehr Freikühlstunden lassen sich erzielen. Das Kühlwasser wird üblicherweise mit Glykol gemischt, das als Frostschutz dient, um den Trockenkühler zu schützen, wenn die Außenlufttemperatur unter dem Gefrierpunkt liegt.

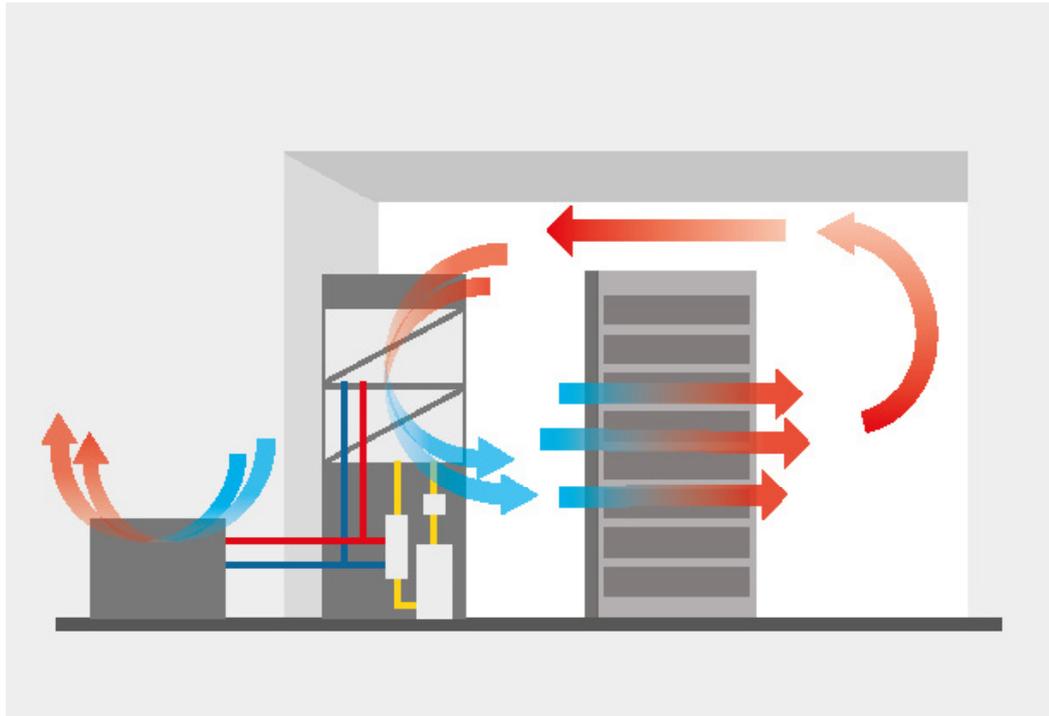


Abbildung 4: Indirekte freie Kühlung mit Klimagerät und Trockenkühler

Zweistufige indirekte freie Kühlung mittels Klimagerät und Trockenkühler

STÄRKEN

- Hohe Effizienz
- Unabhängig von der Außenluftqualität
- Unabhängig von der Außenluftfeuchtigkeit
- 100 %ige Reserve für mechanische Kühlung enthalten
- Bewährtes und erprobtes System

SCHWÄCHEN

- Bislang nicht bekannt

5.2.2. Zweistufige indirekte freie Kühlung: Wassergekühltes Klimagerät mit Kaltwassersatz

Das zweite zweistufige indirekte Freikühlsystem besteht aus wassergekühlten Klimageräten und einem Kaltwassersatz mit Freikühlwärmetauscher. Hierbei kann es sich entweder um einen luftgekühlten Kaltwassersatz mit integriertem Freikühlwärmetauscher oder einem wassergekühltem Kaltwassersatz handeln, der an einen Trockenkühler oder Kühlturm angeschlossen ist. Die Kaltwassertemperatur vom Kaltwassersatz zu den Klimageräten ist relativ gering, und wenn die Außenlufttemperatur unter der Kaltwassertemperatur liegt, kann der Kaltwassersatz die Freikühlung im Mischbetrieb aktivieren

und die Verdichterbetriebszeit des Kaltwassersatzes senken. Ist die Außentemperatur deutlich unter der Kaltwassertemperatur liegt, kann 100 %ige freie Kühlung erzielt werden. Wegen relativ geringer Kaltwassertemperaturen bei dieser Art von indirektem Freikühlsystem ist dieses weniger effektiv als das weiter oben beschriebene System (5.2.1) mit Freikühlklimageräten. Das Kaltwasser wird üblicherweise mit Glykol gemischt, das als Frostschutz dient, um das Freikühlregister des Kaltwassersatzes oder den Trockenkühler zu schützen, wenn die Außenlufttemperatur unter dem Gefrierpunkt liegt. Dieses System wird in der Regel in Großanwendungen im Megawattbereich eingesetzt, in denen sehr viele an Kaltwassersatz angegeschlossene wassergekühlte Klimageräte beteiligt sind.

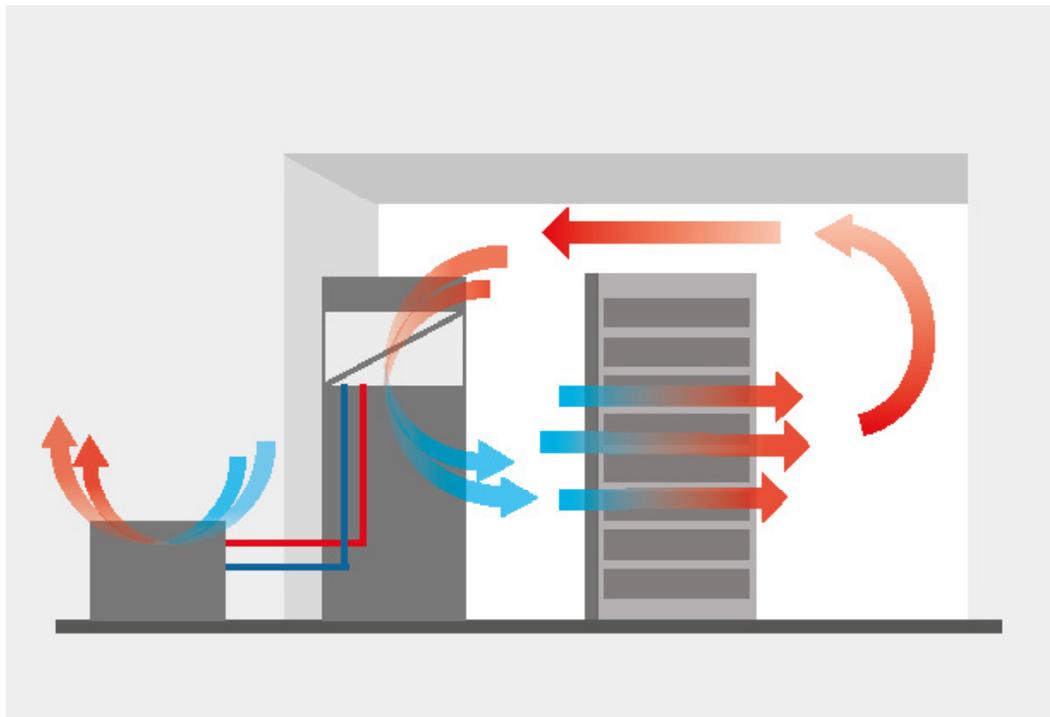


Abbildung 4: Indirekte freie Kühlung mit Klimagerät und Trockenkühler

Zweistufige indirekte freie Kühlung mittels wassergekühltem Klimagerät und Kaltwassersatz

STÄRKEN

- Guter Wirkungsgrad
- Unabhängig von der Außenluftqualität
- Unabhängig von der Außenluftfeuchtigkeit
- 100 %ige Reserve für mechanische Kühlung enthalten
- Einfaches bewährtes und erprobtes System

SCHWÄCHEN

- Die vollständig freie Kühlung und Mischbetrieb werden bei relativ geringen Außentemperaturen gestartet.

6. Adiabate Unterstützung

Es gibt ein physikalisches Prinzip, mit dem die Effizienz von Freikühlanlagen erhöht werden kann, unabhängig davon, ob es sich um eine direkte Freikühlanlage, eine einstufige indirekte oder zweistufige indirekte Freikühlanlage handelt. Luft enthält eine bestimmte Menge an Wasser. Die in der Luft enthaltene Wassermenge ist begrenzt. Diese Menge hängt von der Lufttemperatur und dem Luftdruck ab. Der Feuchtigkeitsgehalt in Bezug auf den maximal möglichen Wert wird als relative Feuchtigkeit ausgedrückt. Wenn Luft eine relative Feuchtigkeit von 50 % oder 70 % hat, kann diese Luft mehr Wasser absorbieren (bis zu 100 % RH).

Wenn Wasser in Luft absorbiert wird, vollzieht sich ein adiabatischer Prozess. Dies bedeutet, dass die Lufttemperatur sinkt (gewünschter Effekt), während der Energiegehalt der Luft unverändert bleibt. Die Physik hinter diesem Vorgang ist für dieses White Paper nicht von Belang. Allerdings haben die Abnahme der Lufttemperatur und die Zunahme der freien Kühlung einen ausgesprochen hohen Stellenwert.

Adiabatik

STÄRKEN

- Erhöhung des Wirkungsgrads von Freikühlanlagen für Rechenzentren
- Größerer Bereich der Umgebungstemperatur (Feuchtkugeltemperatur) für die freie Kühlung nutzbar
- Besonders gut für trockenes Wüstenklima geeignet (sofern Wasser verfügbar ist)

SCHWÄCHEN

- Für feuchtes Tropenklima nicht geeignet
- Große Mengen Frischwasser erforderlich
- Legionellengefahr, Kontroll- und Überwachungsverantwortung müssen abgeschätzt werden.
- Möglicherweise wartungsintensiv
- Regionale Einschränkungen bei der Aufbereitung von sicherem Frischwasser
- Großer Wasserspeicher erforderlich, falls unterbrechungsfreie Wasserzufuhr nicht gewährleistet ist

Wie kann mit Adiabatik der Wirkungsgrad von Freikühlanlagen für Rechenzentren erhöht werden?

6.1. Adiabatik bei Anlagen mit direkter freier Kühlung

Bei Adiabatik in direkten Freikühlanlagen wird Luft, die zu warm ist, vor Einleitung in das Rechenzentrum gekühlt. Im Vergleich zur mechanischen Kühlung ist diese Alternative wesentlich effizienter. Allerdings erhöht sich bei Adiabatik der Feuchtigkeitsgehalt der Luft, und in der Regel bestehen Beschränkungen, was diesen Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Rechenzentrum anbelangt. Theoretisch ist Adiabatik eine hervorragende Idee, die sich allerdings in der Praxis nur begrenzt umsetzen lässt.

6.2. Adiabatik bei indirekten Freikühlanlagen

Indirekte freie Kühlung und Adiabatik sind für Rechenzentren eher verwertbar, da die adiabatisch gekühlte Außenluft niemals in das Rechenzentrum gelangt. Bei einstufiger indirekter freier Kühlung senkt die Adiabatik die Temperatur der Außenluft, die in den Luft-Luft-Wärmetauscher geleitet wird, und erweitert damit den Umfang der freien Kühlung und senkt den Umfang der mechanische Kühlung, die erforderlich ist, um die für die IT-Anlagen erforderliche Temperatur der Zuluft zu erzielen. Bei zweistufigen indirekten Freikühlanlagen kann die warme Außenluft durch Adiabatik gekühlt werden, bevor sie in den Trockenkühler geleitet wird, um entweder die Stundenanzahl der nutzbaren freien Kühlung zu erhöhen oder den Mischbetrieb am oberen Grenzwert zu verlängern, um den mechanischen Kühlaufwand zu verringern.

Hinweis: Wenn von Beginn an eine zweistufige indirekte Freikühlanlage mit Adiabatik ausgelegt wird, besteht ein Risiko im Zusammenhang mit der Reduzierung der Trockenkühlergröße, um durch Planung eines kleineren Trockenkühlers mit Adiabatik Investitionskosten einzusparen. Wird ein kleinerer Trockenkühler eingesetzt, sinkt im Trockenbetrieb die Anzahl der Stunden, die jährlich für 100 % Freikühlbetrieb und freie Kühlung im Mischbetrieb verfügbar sind. Falls die Wasserzufuhr im Sommer bei hoher Umgebungstemperatur unterbrochen werden sollte, erbringt der kleinere Trockenkühler zudem nicht die Leistung, um die Wärme aus den Klimageräten abzuführen. In diesem Fall würden sie durch Sicherheitsdruckschalter abgeschaltet.

Dies bedeutet, dass in Systemen wie diesen der Trockenkühler für den Trockenkühlbetrieb ohne Adiabatik dimensioniert werden sollte.

6.3. Techniken adiabatischer Kühlung

Es gibt verschiedene Möglichkeiten für Verdunstungskühlung (oder adiabatische Kühlung). Wasser kann mithilfe eines Ultraschallbefeuchters verdampft werden, der sehr kleine Wassertropfen erzeugt, oder mit Sprühsystemen oder Systemen, bei denen die Luft durch Pads geleitet wird, die mit Wasser befeuchtet sind. Das mit Wasser befeuchtete Padsystem wird oft in Kombination mit Trockenkühlern eingesetzt. Das System ist zwar ausgesprochen bedienungsfreundlich, stellt aber auch einen permanenten Widerstand in der Luftströmung dar, der die Leistungsaufnahme des Lüfters erhöht, selbst wenn adiabatische Kühlung nicht erforderlich ist. Sprühsysteme werden häufig in Kühltürmen verwendet, und Ultraschallbefeuchter finden sich in bestimmten Airhandlern mit Adiabatik.

6.4. Verwendung von Adiabatik

Die Vorzüge der Adiabatik lassen sich am besten in trockenen Klimazonen umsetzen, aber sie werden heute fast in allen Anwendungen eingesetzt, in denen sich ein kleiner Vorteil erzielen lässt. Das Wasser selbst ist nicht kostenlos, und die Anlage zum Verdampfen des Wassers kann kostspielig sein, von den Betriebskosten der Anlage ganz zu schweigen. Die Aufbereitung von Wasser, insbesondere recyceltes Sprühwasser, unterliegt der gesetzlichen Anforderung, eine detaillierte Risikobewertung für Legionellen (Legionärskrankheit) mit Sterilisierungskontrolle und laufender Überwachung bereitzustellen. Ebenso kann hoher Wartungsaufwand erforderlich sein, sodass die Verwendung von Adiabatik sorgfältig geprüft werden muss.

7. Weitere Freikühlanlagen

In den obigen Kapiteln wurden die gängigsten Systeme und die Prinzipien der freien Kühlung beschrieben. Es stehen mehrere Varianten zur Verfügung, die bereits bestehende Anlagenkomponenten nutzen.

An dieser Stelle wird die häufigste Variante herausgegriffen:

Hierbei handelt es sich um ein System, das sich aus zwei wassergekühlten Klimageräten zusammensetzt. In diesem Beispiel betrachten wir ein System mit zwei unabhängigen Kaltwasserkreisen: ein Kreis ist an einen Kaltwassersatz ohne freie Kühlung angeschlossen, der andere Kreis ist mit einem Trockenkühler oder einem Kühlturm verbunden. Die bestehenden Kaltwassersätze werden für den Betrieb verwendet, wenn die Außentemperaturen keine freie Kühlung zulassen, und sobald die Außentemperaturen mäßig oder niedrig sind, läuft der zweite Kreis an, um das Klimagerät im zweiten Kreis im Freikühl- oder Mischbetrieb zu fahren. Eine spezielle Steuerlogik ist erforderlich.

8. Zusammenfassung

Wie in diesem White Paper gezeigt, gibt es verschiedene Verfahren, um den PUE-Wert sowie die Energiekosten von Rechenzentren mithilfe freier Kühlung zu reduzieren. Kein System ist perfekt, und alle in diesem White Paper beschriebenen Systeme unterliegen bestimmten Einschränkungen, einige haben regionale Vorteile, andere bieten aufgrund der Größe des Rechenzentrums möglicherweise Vorteile. Adiabatik ist nützlich, kann aber nicht überall und nicht unter allen Umständen eingesetzt werden. Es muss unbedingt fallweise bewertet werden, welche Art der freien Kühlung am besten für die jeweilige Anwendung geeignet ist.

DANKSAGUNGEN

Ich möchte folgenden Personen für ihre Beiträge, Überarbeitungen und Kommentare zu diesem White Paper während der Prüfphase danken:

John Jakovcevic, Derek Siveter, Erik Wever, Dave Meadows, Aaron Sabino und Phillip Diffley.

ÜBER DEN AUTOR

Benjamin Petschke wurde 1969 in Deutschland geboren. Nach dem Studium der Physik wurde er 1996 Mitarbeiter von STULZ. Seither war er in den Abteilungen Forschung und Entwicklung, Export und Marketing in verschiedenen Stellungen tätig. Benjamin Petschke blickt auf mehr als 18 Jahre Erfahrung in der Kältetechnik für Rechenzentren zurück und hat sich auf den Entwurf von Kühlanlagen für Rechenzentren, Energieersparnis und akustische Aspekte spezialisiert. Er arbeitet eng mit der Gemeinsamen Forschungsstelle der Europäischen Kommission für den Code of Conduct on Data Centres, Joint Research Center, und vor kurzem mit der deutschen DKE an der Konzeption der Norm DIN EN 50600 „Informationstechnik – Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren“ zusammen. Benjamin Petschke hat White Papers über Themen wie bewährte Verfahren für die Kühlung von Rechenzentren und indirekte freie Kühlung mit dynamischer Steuerlogik geschrieben.

ÜBER DIE STULZ GMBH

Seit das Unternehmen STULZ im Jahr 1947 gegründet wurde, hat es sich zu einem weltweit führenden Systemlieferanten im Bereich Klimatechnik entwickelt. STULZ fertigt Präzisionsklimageräte, Kälteerzeuger, Luftaufbereitungsanlagen und Kühllösungen mit hoher Leistungsdichte. Seit 1974 baut das Unternehmen sein Klimatechnikgeschäft international aus, das auf Klimatechnik für Rechenzentren und Telekommunikationsanlagen spezialisiert ist. STULZ beschäftigt 2.200 Mitarbeiter in Deutschland und in siebzehn Tochtergesellschaften im Ausland (Frankreich, Italien, Großbritannien, Belgien, Niederlande, Neuseeland, Mexiko, Brasilien, Österreich, Polen, Spanien, Singapur, China, Indien, Südafrika, Australien und USA). Das Unternehmen arbeitet zudem mit Verkaufs- und Servicepartnern in über 130 weiteren Ländern zusammen und verfügt dadurch über ein internationales Netzwerk von Klimatechnikspezialisten. Das Unternehmen unterhält Werke in Deutschland, Italien, den USA, China und Indien.



STULZ

CLIMATE. CUSTOMIZED.

STULZ GmbH

Holsteiner Chaussee 283
22457 Hamburg

www.stulz.de

Subsidiaries

AUSTRALIA

STULZ AUSTRALIA PTY. LTD.
sales@stulz.com.au

AUSTRIA

STULZ AUSTRIA GmbH
info@stulz.at

BELGIUM

STULZ BELGIUM BVBA
info@stulz.be

BRASIL

STULZ Brasil Ar Condicionado
Ltda.
comercial@stulzbrasil.com.br

CHINA

STULZ AIR TECHNOLOGY AND
SERVICES SHANGHAI CO., LTD.
info@stulz.cn

SPAIN

STULZ ESPAÑA S.A.
info@stulz.es

FRANCE

STULZ FRANCE S. A. R. L.
info@stulz.fr

UK

STULZ U. K. LTD.
sales@stulz.co.uk

ITALY

STULZ S.p.A.
info@stulz.it

INDIA

STULZ-CHSPL (INDIA) PVT. LTD.
info@stulz.in

MEXICO

STULZ México S.A. de C.V.
belsaguy@stulz.com.mx

NETHERLANDS

STULZ GROEP B. V.
stulz@stulz.nl

NEW ZEALAND

STULZ NEW ZEALAND LTD.
sales@stulz.co.nz

POLAND

STULZ POLSKA SP. Z O.O.
info@stulz.pl

SINGAPORE

STULZ SINGAPORE PTE LTD.
andrew.peh@stulz.sg

USA

STULZ AIR TECHNOLOGY
SYSTEMS (SATS) , INC.
info@stulz-ats.com

SOUTH AFRICA

STULZ SOUTH AFRICA PTY. LTD.
aftersales@stulz.co.za