

Effiziente Klimatisierung von Rechenzentren

Dynamic Free Cooling®

Dipl.-Ing. Benjamin Petschke, Produktmanager



Rechenzentrum

Stetig steigende Energiekosten und begrenzte Ressourcen führen dazu, dass die Infrastruktur in Rechenzentren immer effizienter gestaltet werden muss. Dynamic Free Cooling® ist ein Regelkonzept für Klimatisierungs-Systeme für Rechenzentren, welches hybride indirekte Freikühlpräzisions-Klimageräte, Rückkühler mit drehzahlgeregelten Lüftern und drehzahlgeregelte Pumpen zu einem hocheffizienten System kombiniert. Alle energieverbrauchenden Komponenten in diesem System werden zentral geregelt, um den Energieverbrauch in Abhängigkeit von der Außentemperatur und dem Lastzustand im Rechenzentrum zu minimieren.

1. WARUM WIRD EINE EFFIZIENTE KLIMATISIERUNG / KÜHLUNG GEBRAUCHT?

Es gibt zwei Hauptgründe, warum effiziente Kühlsysteme eingesetzt werden. Der erste Grund ist die Einsparung von Betriebskosten des Rechenzentrums. Neben dem Energieverbrauch der Server etc. selbst verbraucht die Klimatisierung den größten Anteil der im Rechenzentrum genutzten Energie. Dieser Anteil kann mit modernen Klimasystemen mit Freier Kühlung sehr stark reduziert werden. Zweitens: Elektrizität wird vermehrt zu einer wertvollen,

begrenzt verfügbaren Ressource und sollte daher im Rechenzentrum zum Betrieb der Server verwendet werden statt zum Betrieb ineffizienter Kühlsysteme. Ein Rechenzentrum „grün“ zu gestalten bzw. zu betreiben ist heutzutage ein wichtiges Argument, welches durch die Reduzierung der Betriebskosten und ein effizientes Energiemanagement mit einem effizienten Kühlsystem erreicht wird.

Darüber hinaus können niedrige Betriebskosten speziell für Rechenzentrumsbetreiber, die Platz im Rechenzentrum oder in einzelnen Racks vermieten, einen Wettbewerbsvorteil bringen.

2. ENERGIEVERBRAUCH VON KÜHLSYSTEMEN IN RECHENZENTREN

Rechenzentren benötigen Kühlsysteme, um die von den Servern und anderen IT-Komponenten erzeugte Wärme aus den Räumen abzuführen. Die Kühlsysteme müssen äußerst zuverlässig arbeiten und rund um die Uhr verfügbar sein, d. h. Redundanz ist zwingend erforderlich. Temperatur, Feuchte und Luftqualität müssen im Rahmen der Spezifikation der Server gehalten werden.

Es gibt verschiedenste Kühlsysteme, alle jedoch benötigen eine große Menge an Energie für Kompressoren, Ventilatoren und Pumpen. Die Ventilatoren in den Klimageräten im Rechenzentrum wälzen die Luft um und sorgen so dafür, dass die von den Servern erzeugte Wärme zu den Klimageräten transportiert wird. Die Kompressoren bringen das Kältemittel auf ein höheres Temperaturniveau, um die Wärme dann bei hohen Außentemperaturen an die Außenluft abzugeben. Pumpen transportieren in Kaltwasser- und wassergekühlten Systemen das Wasser, welches die Wärme im Klimagerät aufgenommen hat, aus dem Gebäude. Die Ventilatoren der Rückkühler oder Kühltürme sorgen dann dafür, dass die Wärme an die Außenluft abgegeben wird. Der Kompressor im Klimagerät oder Kaltwassererzeuger ist der größte Energieverbraucher.

3. REDUZIERUNG DES ENERGIEVERBRAUCHS VON KÜHLSYSTEMEN IN RECHENZENTREN

Kühlsysteme in Rechenzentren werden üblicherweise aus Sicherheitsgründen, Redundanzgründen oder für zukünftige Erweiterungen überdimensioniert. Diese Überdimensionierung kann genutzt werden, um den Energieverbrauch zu senken. Dies wird auch entsprechend in der

DIN EN 50600 empfohlen. Die gesamte erforderliche Luftmenge kann durch alle Klimageräte inklusive der vorhandenen Standbygeräte umgewälzt werden.

nische Kühlung mittels Kältekompressor ist nur erforderlich, wenn die Außentemperatur höher ist als die Temperatur im Rechenzentrum. Sinkt die Außen-

Je höher die Temperatur des Gemisches ist, desto mehr Stunden pro Jahr kann das System im Freikühlmodus arbeiten. Auf der anderen Seite sinkt mit steigen-

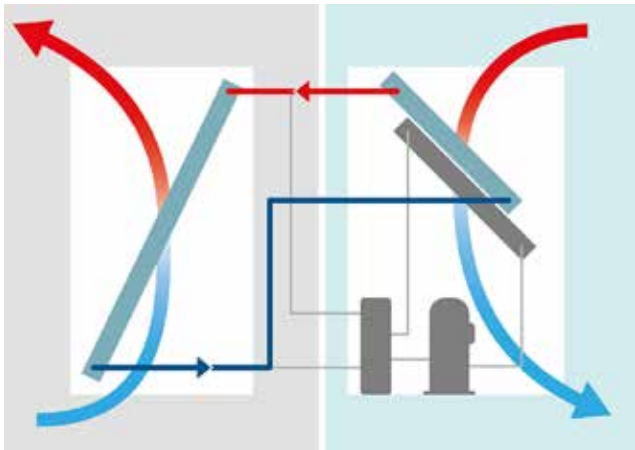


Abb.1: Freie Kühlung

Aufgrund dieser Möglichkeit können bereits große Mengen Energie eingespart werden. Ein weiterer Energiespareffekt ist hierbei die Nutzung der Wärmetauscher der Standbygeräte zusätzlich zu den sich regulär in Betrieb befindlichen Geräten. Dies wird auch mit den CyberRow Reihenkühlgeräten mit DFC-Regelung so realisiert. Bei hohen oder niedrigen Wärmelasten erfolgt die Wärmeabfuhr über alle Geräte incl. der Standbygeräte, wodurch der Energiebedarf des Kühlsystems automatisch minimiert wird. Die mecha-

temperatur unter die Temperatur im Rechenzentrum, ist der Kompressor nicht mehr erforderlich. Die im Rechenzentrum erzeugte Wärme kann direkt von einem Wasser-/Glykolgemisch aufgenommen, nach außen transportiert und dort an die Außenluft abgegeben werden. Üblicherweise wird dem Wasser Ethylenglykol als Frostschutzmittel zugesetzt, um ein Einfrieren im Winter zu verhindern. Die Temperatur des Wasser-/Glykolgemisches hat einen wesentlichen Einfluss auf die Effizienz des Kühlsystems.

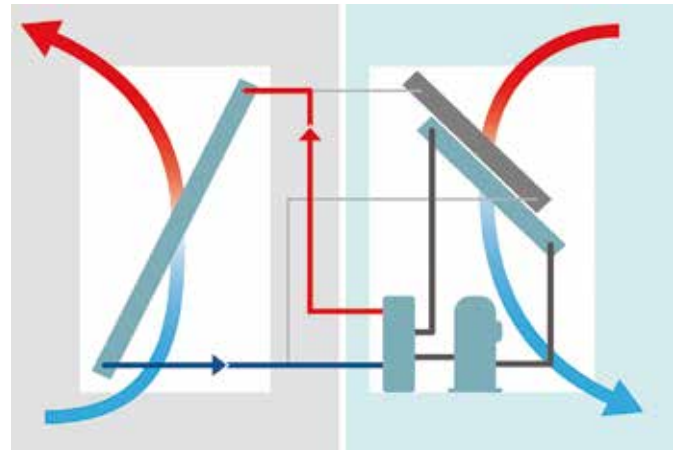


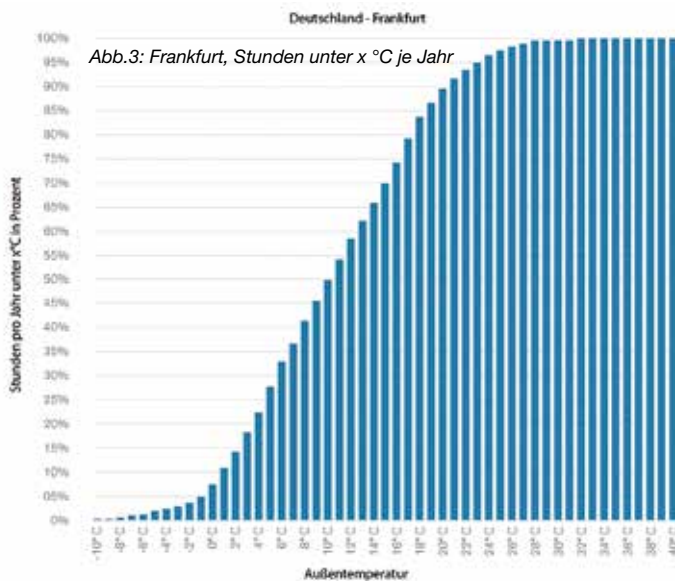
Abb.2: Mechanische Kühlung

der Gemischtemperatur die Kühlleistung der Klimageräte, was jedoch immer dann genutzt werden kann, wenn das Rechenzentrum nicht unter Vollast betrieben wird. Mittels des DFC®-Systems werden so die Betriebskosten des Rechenzentrums erheblich gesenkt.

4. DAS KÜHLSYSTEM MIT DFC®

Das System, das in diesem Artikel beschrieben wird, besteht aus hybriden Klimageräten im Rechenzentrum, Rückkühlern außerhalb des Gebäudes und

Pumpen, die das Wasser-/Glykolgemisch tauschern und drehzahlgeregelten in einem geschlossenen Kreislauf zwi- EC-Lüftern, mit denen die Umgebungs-



schen Klimageräten und Rückkühlern bewegen. Die hybriden Klimageräte sind mit EC-Lüftern ausgestattet, welche die Luft im Rechenzentrum umwälzen. Sie enthalten einen kleinen geschlossenen Kältekreislauf mit Scroll-Kompressoren und Verdampfer und einen Luft/Wasser-

luft durch die Wärmetauscher gesaugt wird. Die zentrale drehzahl-geregelte Pumpe transportiert das Wasser vom Klimagerät zum Rückküh-ler, an dem die aufgenommene Wär-me an die Umgebungsluft abgegeben wird. Alle Komponenten dieses Sys-



Abb.4: Standby-Management und Kubisches Gesetz

wärmetauscher für den Freikühlbetrieb. Durch die dezentrale Kälteerzeugung und die damit möglichen, sehr klei-nen Kältekreisläufe wird nur eine ge-ringe Menge an Kältemittel benötigt. Die aufgrund der F-Gas-Verordnung stark steigenden Kältemittelpreise wirken sich somit kaum auf die Kos-ten eines indirekten Freikühlsystems mit DFC-Regelung aus. Der Rückküh-ler besteht aus Luft-/Wasserwärme-

tems werden nur vom Mikroprozessor im Klimagerät und nur mittels Sensoren in der Außenluft und im Lufteintritt der Klimageräte geregelt.

5. DYNAMIC FREE COOLING® – SO WIRD DIE EFFIZIENZ GESTEIGERT

Verschiedene Regelfunktionen machen Dy-namic Free Cooling® zu dem, was es ist, und so effizient, wie es ist. Die wichtigsten Funk-tionen werden im Folgenden beschrieben:

5.1. DYNAMISCHE REGELUNG DER WASSERTEMPERATUR

Herkömmliche indirekte Freikühlsysteme arbeiten mit einer festen Wassertempera-tur für mechanische Kühlung, z.B. 35° C bei hohen Außentemperaturen, wenn keine Freie Kühlung möglich ist, und ca. 7° C im Freikühlmodus bei niedrigen Außentemperaturen.

Der Zeitraum, in dem die Freie Kühlung genutzt werden kann, ist somit begrenzt, da es nur eine geringe Anzahl an Stun-den pro Jahr unterhalb z.B. 3° C gibt, also kalt genug, um im Rückkühler 7° C kaltes Wasser zu produzieren. Mittels DFC® wird die Wassertemperatur nun nicht mehr auf einen festen Wert gere-gelt, sondern dynamisch laut Anforde-rung des Rechenzentrums. Warum? Im Freikühlmodus arbeitet das System wie ein Kaltwassersystem. Die Kühlleistung des Kaltwassersystems hängt von der Wassertemperatur ab. Je höher die Was-sertemperatur, desto niedriger die Kühl-leistung. Genau dieser Sachverhalt, der auf den ersten Blick nachteilig zu sein scheint, wird vom DFC®-System als Vor-

teil genutzt, wenn das Rechenzentrum nicht voll ausgelastet ist. Ein Rechen-zentrum im Volllastbetrieb benötigt im Freikühlmodus eine Wassertemperatur von etwa 10° C. Dieses 10° C kalte Was-ser kann vom Rückkühler bei Außen-temperaturen unterhalb 7° C produziert werden. Das gleiche Rechenzentrum be-nötigt im 60-%igen-Teillastbetrieb auch nur 60 % Kühlleistung. Das Kühlsystem kann diese 60 % Kühlleistung im Frei-

kühlbetrieb schon mit einer erheblich höheren Wassertemperatur von 16° C liefern, wobei diese Wassertempera-

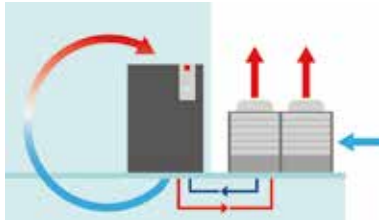


Abb.5: Indirekte Freie Kühlung

tur schon bei ca. 13° C Außentemperatur vom Rückkühler produziert werden kann. Zur Verdeutlichung ein Beispiel: In Frankfurt gibt es während 34 % des Jahres (3.020 Stunden) Außentemperaturen von unter 7° C, während 61 % (5.340 Stunden) des Jahres Temperaturen unterhalb 13° C herrschen (s.Abb. 3). Dies bedeutet, dass zusätzlich an 2.320 Stunden im Jahr (oder 97 Tagen) die Freie Kühlung genutzt werden kann. Herkömmliche Freikühlsysteme arbeiten in dieser Zeit noch im Mischbetrieb oder mit 100 % Kompressorkühlung.

5.2. FREIKÜHLSTANDBY - MANAGEMENT

Üblicherweise sind Rechenzentren mit Standbyklimageräten ausgestattet, um im Wartungs- oder Fehlerfall die Kühlung sicherzustellen. Die Standbygeräte sind in der Regel ausgeschaltet, um Energie

zu sparen. Zum Abführen der Wärmelast sind sie nicht erforderlich. Mit dem DFC®-System arbeiten alle Klimageräte



Abb.6: Direkte Freie Kühlung

te, also auch die Standbygeräte, gänzlich anders zusammen. Durch den Einsatz von hocheffizienten EC-Lüftern ist es möglich, diese direkt in ihrer Geschwindigkeit zu regeln. Die vom Lüfter geförderte Luftmenge ist direkt proportional zur Drehzahl, die Leistungsaufnahme jedoch sinkt in der dritten Potenz im Verhältnis zur Lüfterdrehzahl bzw. Luftmenge (Abb.4). Dies bedeutet, dass beim Betrieb aller Geräte incl. Standbygeräte bei reduzierter Lüfterdrehzahl, jedoch gleicher Gesamtluftmenge, die Gesamtleistungsaufnahme aller Lüfter erheblich gesenkt wird. Darüber hinaus bietet diese Technik auch noch eine gleichmäßigere Luftzuführung und -verteilung im Doppelboden. Wird die DFC-Logik mit der Regelung der Luftmenge abhängig vom Druck im Doppelboden kombiniert, wird zusätzlich zur gleichmäßigen Luftzuführung die Luftmenge auch bedarfsgerecht

angepasst. DFC® regelt die Klimageräte im Freikühlmodus auf diese Art und erzielt so bisher nicht erreichbare Energieeinsparungen. Sollte ein DFC®-geregeltes Klimagerät einmal abgeschaltet werden (für Wartungszwecke), so erhöhen die verbleibenden Klimageräte automatisch ihre Lüfterdrehzahl, um die notwendige Luftmenge sicher zu fördern.

5.3. INDIREKTE FREIE KÜHLUNG

Dynamic Free Cooling® ist ein indirektes Freikühlsystem. Indirekte Freie Kühlung (Abb.5) arbeitet mit einem Wasser-/Glykolgemisch als Wärmeträger zwischen der Luft im Rechenzentrum und der Außenluft. Das Rechenzentrum ist ein geschlossener Raum, d.h. die Außenluft wird nicht in das Rechenzentrum gebracht. Um der Arbeitsschutzrichtlinie gerecht zu werden, wird in der Regel nur ein geringer Anteil Frischluft kontrolliert dem Rechenzentrum zugeführt, um einen Überdruck im Raum aufrechtzuerhalten und um einen minimalen Luftwechsel sicherzustellen. Direkte Freikühlsysteme (Abb.6) nutzen Außenluft zur Wärmeabfuhr. Diese Außenluft muss gefiltert und konditioniert werden, bevor sie in das Rechenzentrum eingebracht wird. Die Direkte Freie Kühlung ist nur einsetzbar, wenn im Hinblick auf die relative Luftfeuchtigkeit im Rechenzentrum geringe Anforderungen gelten, z.B. eine Toleranz von 20 % bis 80 % rel. Feuchte. Die Qualität der Außenluft und deren

Temperatur- und Feuchtebedingungen lassen häufig Direkte Freie Kühlung nicht zu. Rauch, der in das Rechenzentrum eingebracht wird, kann Feuerlöschsysteme aktivieren. Schmutzige Luft erfordert Filtersysteme mit hohen Filterklassen und regelmäßige, teure Wartungsprogramme. Niedrige Luftfeuchtelevel im Winter erfordern umfangreiche und teure Befeuchtung. Die Klimageräte im Rechenzentrum

chenzentrum und optimiert damit den Betriebszustand aller Komponenten, um den Energiebedarf des Kühlsystems zu minimieren und die Raumluftbedingungen konstant zu halten. Hauptziel ist die Reduzierung der Kompressorlaufzeiten, da diese den mit Abstand höchsten Energieverbrauch im System aufweisen. Zweite Priorität ist, die verbleibenden Komponenten, Gerätelüfter, Rückkühlerlüfter und

gelegt, dass das Wasser-/Glykolgemisch immer die größtmögliche Menge Wärme aufnimmt, sowohl im Freikühl- als auch im Misch- und im Kompressorbetrieb. Die erforderliche im System zirkulierende Wasser-/Glykolmenge wurde so reduziert und die Pumpenleistungsaufnahme minimiert.

6. DYNAMIC FREE COOLING® – WIEVIEL KANN GESPART WERDEN?

Durch den Einsatz von Dynamic Free Cooling® können bis zu 60% Energie gespart werden. Die Höhe der Einsparung hängt von einigen Randbedingungen ab. Die geographische Lage (Jahrestemperaturprofil), das Vergleichssystem, die Anzahl der Redundanzgeräte, die Raumtemperatur und auch der Anteil tatsächlich installierter Kühlleistung im Vergleich zur Maximalleistung. Hilfreich für einen Vergleich verschiedener Systeme unter Berücksichtigung aller oben genannten Punkte ist eine entsprechende Software, da diese sehr komplexen Berechnungen zwar möglich, jedoch extrem zeitaufwendig sind.

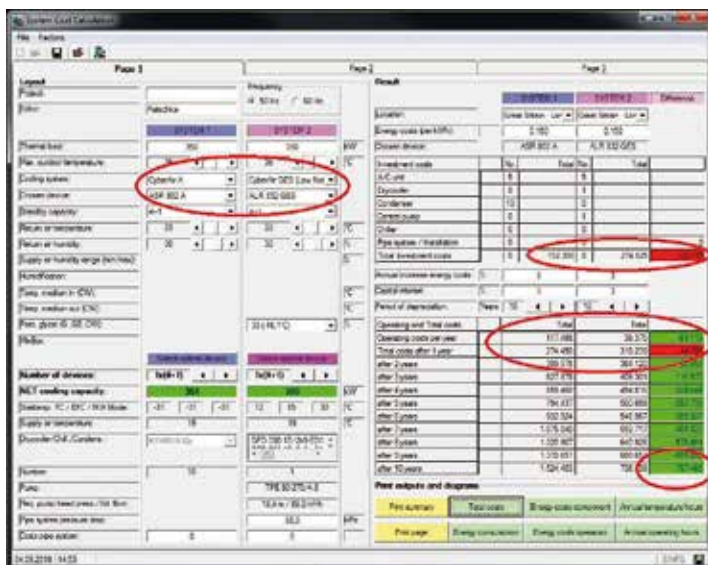


Abb.7: Beispiel, Software für Systemvergleiche

sind mit den Rückkühleinheiten außerhalb des Gebäudes lediglich mit Rohrleitungen verbunden. Die Gebäudehülle muss nicht durch große Öffnungen für Zu- und Abluft unterbrochen werden, wie es bei direkten Freikühlsystemen erforderlich ist und was Auswirkungen auf die Sicherheits- und Brandschutzeigenschaften des Gebäudes haben kann.

5.4. DYNAMISCHE REGELUNG ALLER KOMPONENTEN

Im gesamten Kühlsystem gibt es auch hier, wie oben beschrieben, vier Hauptkomponenten, die Energie verbrauchen: Die Kompressoren und die Lüfter in den Klimageräten, die zentrale Pumpe sowie die Lüfter der Rückkühler. Dynamic Free Cooling® regelt all diese Komponenten nur in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur und vom Lastzustand des Rechenzentrums. Der Mikroprozessor analysiert die Außenlufttemperatur und die Differenz zwischen Soll- und Ist-Temperatur im Re-

chenzentrum und optimiert damit den Betriebszustand aller Komponenten, um den Energiebedarf des Kühlsystems zu minimieren und die Raumluftbedingungen konstant zu halten.

5.5. OPTIMIERTES GERÄTEDESIGN

Die im DFC-System eingesetzten Klimageräte sind speziell für diese hohe Effizienz berechnet und optimiert. Die Luftführung durch das Klimagerät ist bzw. die einzelnen Komponenten sind so ausgelegt und angeordnet, dass der Luftwiderstand auf ein Minimum reduziert wird. Das Gerätegehäuse wurde im Vergleich zu Geräten ohne Freie Kühlung aus diesem Grund verbreitert. Allein durch diese Maßnahme konnte die Lüfterleistungsaufnahme um bis zu 40 % verringert werden. Weitere neue Modelle, bei denen die Ventilatoren in einer Lüftereinheit im Doppelboden angeordnet sind, reduzieren die Leistungsaufnahme der Ventilatoren noch weiter.

5.6. DUALES 2-WEGE-VENTIL-SYSTEM

Das Hydrauliksystem in den Klimageräten ist durch zwei 2-Wege-Ventile so aus-

7. DYNAMIC FREE COOLING® – WAS KOSTET ES UND WIE SCHNELL MACHT ES SICH BEZAHLT (ROI)?

Die Investitionskosten für ein Dynamic Free Cooling®-System im Vergleich zu einem herkömmlichen System können bis zu 50 % höher liegen. Da jedoch die Einsparungen bei den Betriebskosten erheblich sind, machen sich die Mehrkosten in der Regel innerhalb von 1 bis 3 Jahren bezahlt.

Autor:
Dipl.-Ing. Benjamin Petschke
Produktmanager
STULZ GmbH
22457 Hamburg
Foto/Grafiken: Stulz
www.stulz.de



Weiterentwicklung

Vor etwa 10 Jahren wurde die erste Version dieses White Paper veröffentlicht. Warum nun ein Update? Es hat sich seitdem einiges getan und trotzdem ist Dynamic Free Cooling® nach wie vor eines der besten Regelkonzepte für extrem effiziente indirekte Freikühlsysteme. Seit der Einführung von Dynamic Free Cooling® ist die Entwicklung in Bezug auf Präzisionsklimageräte nicht stehen geblieben. Die Effizienz wurde weiter optimiert und das physikalisch Machbare bestmöglich ausgereizt.

Modelle mit geregelten Kompressoren reduzieren den Energieverbrauch im Teillastbetrieb bzw. Mischbetrieb noch weiter, als es früher mit den On/Off-Kompressoren möglich war. Lüftereinheiten im Doppelboden reduzieren dauerhaft den Energieverbrauch der Ventilatoren der Präzisionsklimageräte. So wird eine optimale Luftführung mit minimalen Widerständen durch die Klimageräte und vom Klimagerät in den Doppelboden erreicht.

Die Stulz CyberRow Reihen Kühlgeräte wurden um Modelle mit Indirekter Freier Kühlung erweitert, übrigens derzeit die einzigen dieser Art weltweit, so dass Dynamic Free Cooling® nun neben Umluftkühlgeräten auch mit Reihen Kühlgeräten möglich ist. Ein weiteres, inzwischen weit verbreitetes Regelkonzept, die Luftmengenregelung der Präzisionsklimageräte abhängig vom Druck im Doppelboden oder im Kaltgang einer Einhausung, kann zusammen mit der

Dynamic Free Cooling® Regelung eingesetzt werden. So wird die zirkulierende Luftmenge automatisch dem Bedarf angepasst. Die F-Gas-Verordnung ist in Kraft getreten. Die Kältemittelmengen von R410a und R407c sowie weiteren Kältemitteln in Europa werden begrenzt und die Kosten für Kältemittel steigen rapide. Das Dynamic Free Cooling® System mit Stulz CyberAir GE- oder GES-Geräten enthält sehr kleine Kältemittelkreisläufe und die benötigte Kältemittelmenge bezogen auf die Kälteleistung des Systems ist extrem gering.

Die DIN/EN 50600 wurde veröffentlicht. Klar definierte Sicherheitskonzepte für hochverfügbare Rechenzentren sind allesamt mit dem Dynamic Free Cooling® System realisierbar, ein unschätzbare Vorteil gegenüber Systemen, die z.B. außerhalb des Rechenzentrums montiert werden.

Die ASHRAE TC 9.9 wurde aktualisiert. Servereintrittstemperaturen sollten sich im Bereich von 18°C bis 27°C bewegen. Mit dem Dynamic Free Cooling® Konzept und einer Rückluftregelung kann die Zuluft-/Servereintrittstemperatur sich bei Teillast dynamisch in dem von ASHRAE empfohlenen Bereich bewegen. Damit erhöht sich die Stundenanzahl im Jahr mit Freier Kühlung, denn je höher die Servereintrittstemperatur, desto höher die Außentemperatur, bei der das System in Freier Kühlung arbeiten kann.