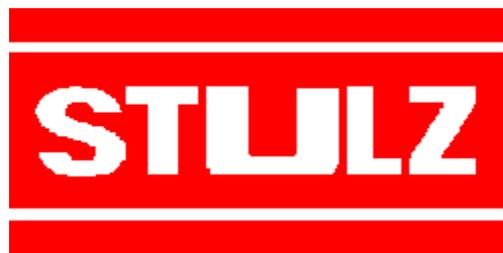


- White Paper -

Effiziente Klimatisierung von Rechenzentren

- Dynamic Free Cooling[®] -

Ausgabe 3, November 2009



Inhaltsverzeichnis

ÜBERBLICK	3
1. WARUM BRAUCHE ICH EINE EFFIZIENTE KLIMATISIERUNG/KÜHLUNG?.....	3
2. ENERGIEVERBRAUCH VON KÜHLSYSTEMEN IN RECHENZENTREN.....	4
3. REDUZIERUNG DES ENERGIEVERBRAUCHS VON KÜHLSYSTEMEN IN RECHENZENTREN.....	4
4. DAS KÜHLSYSTEM MIT DFC®	5
5. DYNAMIC FREE COOLING® – WIE WIRD DIE EFFIZIENZ GESTEIGERT	6
A. DYNAMISCHE REGELUNG DER WASSERTEMPERATUR	6
B. FREIKÜHLSTANDBYMANAGEMENT.....	8
C. INDIREKTE FREIE KÜHLUNG.....	9
D. DYNAMISCHE REGELUNG ALLER KOMPONENTEN	10
E. OPTIMIERTES GERÄTEDESIGN	10
F. DUALES 2-WEGE-VENTIL SYSTEM	10
6. DYNAMIC FREE COOLING® – WIE VIEL KANN GESPART WERDEN.....	11
7. DYNAMIC FREE COOLING® – WAS KOSTET ES UND WIE SCHNELL MACHT ES SICH BEZAHLT (ROI)	12

Überblick

Stetig steigende Energiekosten und begrenzte Ressourcen führen dazu, dass in Rechenzentren die Infrastruktur immer effizienter gestaltet werden muss. Dynamic Free Cooling® ist ein Regelkonzept für Klimatisierungssysteme für Rechenzentren, welches hybride indirekte Freikühlpräzisionsklimageräte, Rückkühler mit drehzahlgeregelten Lüftern und drehzahlgeregelte Pumpen zu einem hocheffizientem 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 brauche ich eine effiziente Klimatisierung/Kühlung?

Es gibt zwei Hauptgründe, warum ein effizientes Kühlsystem eingesetzt werden sollte. Der erste Grund ist die Einsparung von Betriebskosten des Rechenzentrums. In heutigen Rechenzentren werden abhängig vom verwendeten Klimasystem zwischen 25% und 60% des Gesamtenergiebedarfes nur für die Klimatisierung benötigt. Dabei ist zu beachten, dass effiziente Werte in Richtung von 25% nur mit Klimaanlage zu erreichen sind, die eine Funktion der Freien Kühlung aufweisen – weniger effiziente Anlagen mit Werten in Richtung von 60% sind in der Regel bei Anlagen anzutreffen, die nur mit Kompressorkühlung aufgebaut sind.

Zweitens: Elektrizität wird langsam 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 effizientem Energiemanagement mit einem effizienten Kühlsysteme erreicht wird.

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 muss im Rahmen der Spezifikation der Server gehalten werden.

Es gibt verschiedenste Kühlsysteme, alle jedoch benötigen eine enorme Menge an Energie für Ventilatoren, Kompressoren 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.

Mittels Kältekompressoren wird in verschiedenen Direktexpansionssystemen (DX) die Wärme absorbiert. In Kaltwassersystemen wird die Wärme indirekt über Wasser als sekundärer Wärmeträger absorbiert. Der Kompressor im Klimagerät oder Kaltwassererzeuger ist der größte Energieverbraucher. Weitere Energieverbraucher sind Pumpen für Kalt-, oder Kühlwasser und Ventilatoren der luftgekühlten Kondensatoren, Rückkühler oder Kühltürme. Diese sind in der Regel außen aufgestellt und geben die aufgenommene Wärme an die Atmosphäre ab.

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. Die gesamte erforderliche Luftmenge kann durch alle Klimageräte, inklusive der vorhandenen Standbygeräte umgewälzt werden. Aufgrund dieser Möglichkeit können bereits enorme Mengen Energie eingespart werden. Ein weiterer Energiespareffekt ist hierbei die Nutzung der Wärmetauscher der Standbygeräte zusätzlich zu den sich regulär in Betrieb befindlichen Geräte.

Die mechanische Kühlung mittels Kältekompressor ist nur erforderlich, wenn die Außentemperatur höher ist als die Temperatur im Rechenzentrum. Sobald die Außentemperatur niedriger als die Temperatur im Rechenzentrum ist, ist der Kältekompressor 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. Je höher die Temperatur des Gemisches ist, desto mehr Stunden pro Jahr kann das System im Freikühlmodus arbeiten. Auf der anderen Seite sinkt mit steigender Gemischtemperatur die Kühlleistung der Klimageräte was jedoch immer dann genutzt werden kann, wenn das Rechenzentrum nicht unter Volllast 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 in einem geschlossenen Kreislauf zwischen Klimageräten und Rückkühlern bewegen.

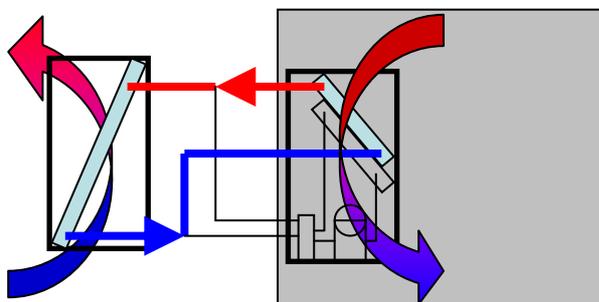


Abbildung 1: Freie Kühlung

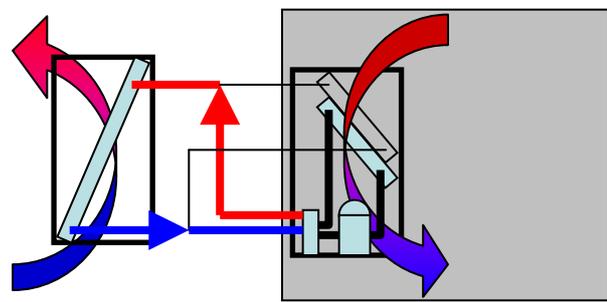


Abbildung 2: Mechanische Kühlung

Die hybriden Klimageräte sind mit EC-Lüftern ausgestattet, welche die Luft im Rechenzentrum umwälzen. Weiterhin enthalten Sie einen geschlossenen Kältekreislauf mit Scroll Kompressoren und einen Luft/Wasserwärmetauscher für den Freikühlbetrieb. Der Rückkühler besteht aus Luft/Wasserwärmetauschern und drehzahlgeregelten EC-Lüftern mit denen die Umgebungsluft durch die Wärmetauscher gesaugt wird. Die zentrale drehzahlgeregelte Pumpe transportiert das Wasser vom Klimagerät zum Rückkühler, wo dann die aufgenommene Wärme an die Umgebungsluft abgegeben wird. Alle Komponenten dieses Systems werden vom Mikroprozessor im Klimagerät und mittels Sensoren in der Außenluft und im Lufteintritt der Klimageräte geregelt.

5. Dynamic Free Cooling[®] – Wie wird die Effizienz gesteigert

Verschiedene Regelfunktionen machen Dynamic Free Cooling[®] zu dem was es ist und so effizient wie es ist. Die wichtigsten Funktionen werden im Folgenden beschrieben:

a. Dynamische Regelung der Wassertemperatur

Herkömmliche indirekte Freikühlsysteme arbeiten mit einer festen Wassertemperatur für mechanische Kühlung per Kompressor, z.B. 35°C, und ca. 7°C im Freikühlmodus bei niedrigen Außentemperaturen.

Der Zeitraum, in dem die freie Kühlung genutzt werden kann ist somit begrenzt, da nur eine geringe Anzahl an Stunden pro Jahr unterhalb z.B. 3°C sind, also kalt genug, um im Rückkühler 7°C kaltes Wasser zu produzieren. Mittels DFC[®] wird die Wassertemperatur nun nicht mehr auf einen festen Wert geregelt sondern dynamisch in Abhängigkeit der Anforderung des Rechenzentrums. Warum? Im Freikühlmodus arbeitet das System wie ein Kaltwassersystem. Die Kühlleistung des Kaltwassersystems hängt von der Wassertemperatur ab. Je höher die Wassertemperatur, desto niedriger die Kühlleistung. Genau dieser Sachverhalt, der auf den ersten Blick nachteilig zu sein scheint, wird vom DFC[®] System als Vorteil genutzt.

Ein Rechenzentrum im Vollastbetrieb benötigt im Freikühlmodus eine Wassertemperatur von z.B. 10,5°C. Dieses 10,5°C kalte Wasser kann vom Rückkühler bei Außentemperaturen unterhalb 7°C produziert werden. Das gleiche Rechenzentrum benötigt im z.B. 60% Teillastbetrieb auch nur 60% Kühlleistung. Das Kühlsystem kann diese 60% Kühlleistung im Freikühlbetrieb schon mit einer erheblich höheren Wassertemperatur von 16°C liefern wobei diese Wassertemperatur schon bei 14°C Außentemperatur vom Rückkühler produziert werden kann. Zur Verdeutlichung ein Beispiel: In Frankfurt sind 37% des Jahres (3.240 Stunden) Außentemperaturen unter 7°C, während 66% (5.780 Stunden) des Jahres Temperaturen unterhalb 14°C herrschen (Bild 3). Dies bedeutet, dass zusätzlich 2.540 Stunden im Jahr (oder 106 Tage) die freie Kühlung genutzt werden kann. Herkömmliche Freikühlsysteme müssen in dieser Zeit bereits im Mischbetrieb oder mit 100% Kompressorkühlung arbeiten.

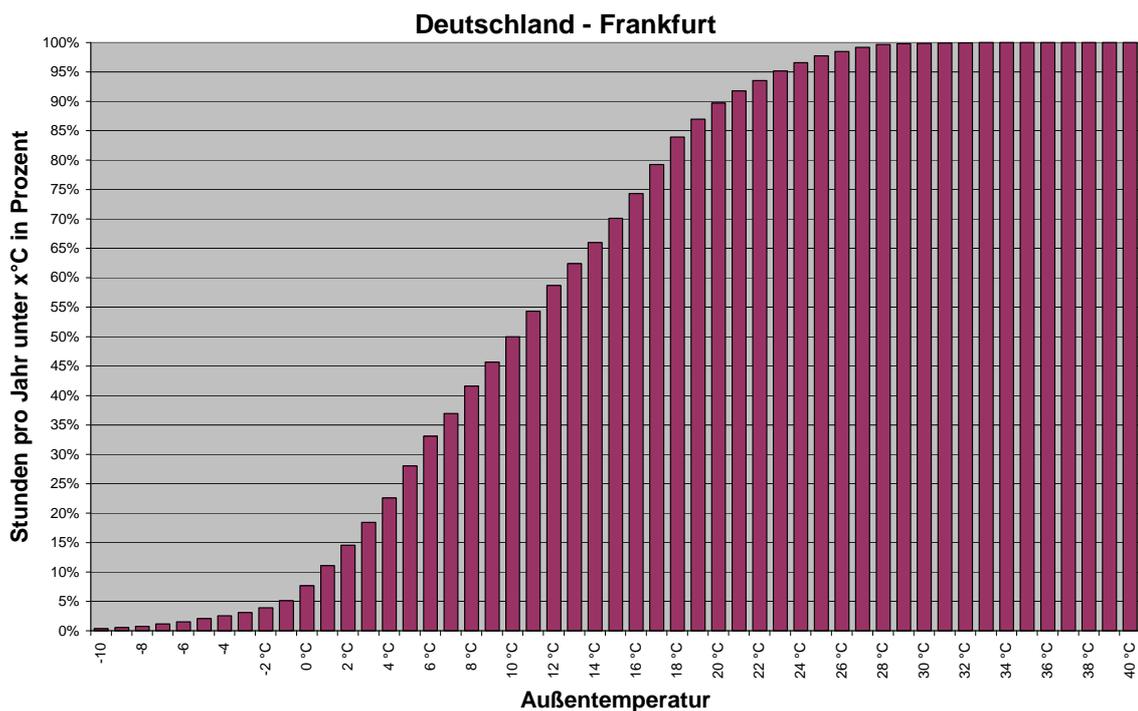


Abbildung 3: Frankfurt, Stunden unter x °C je Jahr

b. Freikühlstandbymanagement

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 in der Regel nicht erforderlich. Mit dem DFC[®] System arbeiten alle Klimageräte, 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 (Abbildung 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. DFC[®] regelt die Klimageräte im Freikühlmodus auf diese Art und erreicht 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.

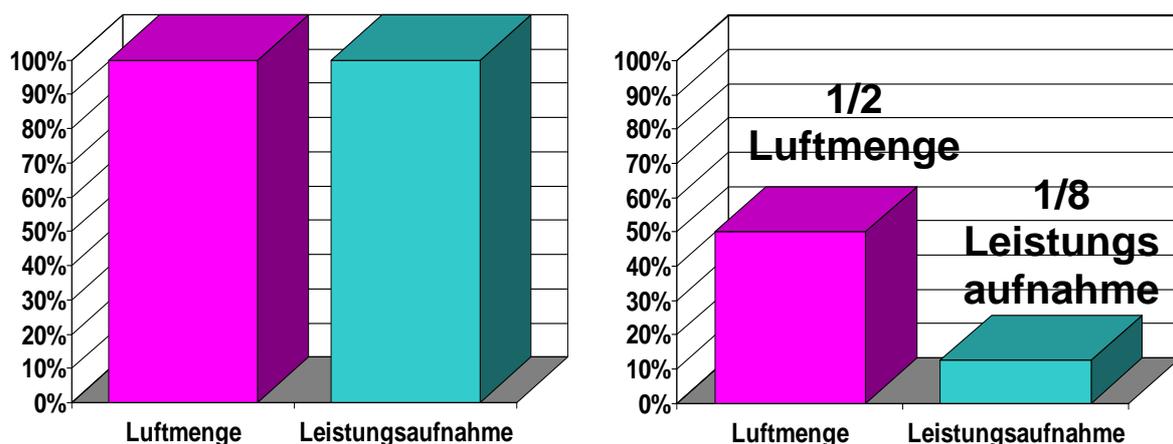


Abbildung 4: Standby Management and Kubisches Gesetz

c. Indirekte Freie Kühlung

Dynamic Free Cooling® ist ein indirektes Freikühlsystem. Indirekte freie Kühlung (Abbildung 5) arbeitet mit Glykol als Wärmeträger zwischen der Luft im Rechenzentrum und der Außenluft bei niedrigen Außentemperaturen. 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 ein geringer Anteil Frischluft kontrolliert dem Rechenzentrum zugeführt um einen Überdruck im Raum aufrecht zu erhalten und um einen minimalen Luftwechsel sicherzustellen.

Direkte Freikühlsysteme (Abbildung 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. Ferner muss die Außenluft auf Umwelteinflüsse detektiert werden, um z.B. beim Auftreten von Rauch oder extremem Pollenflug die Anlage in den Umluftkühlbetrieb umsteuern zu können. Kühlung mit Außenluft erfordert höhere Filterklassen im Vergleich zur Umluftkühlung und regelmäßige, teure Wartungsprogramme.

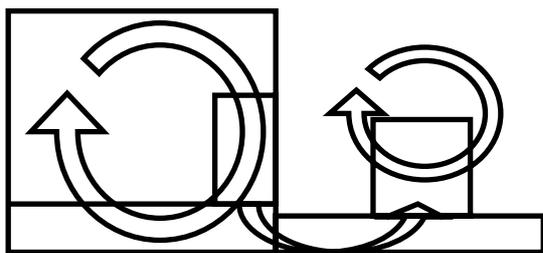


Abbildung 5: Indirekte Freie Kühlung

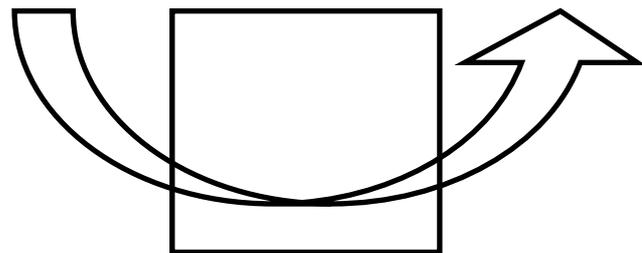


Abbildung 6: Direkte Freie Kühlung

d. Dynamische Regelung aller Komponenten

Im gesamten Kühlsystem gibt es 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 in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur und des Lastzustandes des Rechenzentrums. Der Mikroprozessor analysiert die Außenlufttemperatur sowie die Differenz zwischen Soll- und Isttemperatur im Rechenzentrum. Bei konstanten Raumluftbedingungen wird der Energiebedarf so auf ein Minimum reduziert. 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 Pumpen so zu regeln, das auch hier der Gesamtenergieverbrauch minimal ist.

e. Optimiertes Gerätedesign

Die im DFC System eingesetzten Klimageräte sind speziell für diese hohe Effizienz berechnet und optimiert. Die Luftführung durch das Klimagerät und die einzelnen Komponenten sind so ausgelegt und angeordnet, dass der Luftwiderstand auf ein Minimum reduziert werden konnte. 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.

f. Duales 2-Wege-Ventil System

Das Hydrauliksystem in den Klimageräten ist mittels zwei 2-Wege-Ventilen so ausgelegt, das 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® – Wie viel 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 und in der Regel mehrere Tage in Anspruch nehmen.

The screenshot shows the 'System Cost Calculation' software interface, divided into three pages: Page 1 (Layout), Page 2 (Result), and Page 3 (Summary/Outputs).

Page 1: Layout

- Project: dcd london
- Editor: pfl
- Frequency: 50 Hz
- Thermal load: 120 kW
- Location: Great Britain - London
- Max. outdoor temperature: 35 °C
- Energy costs (per kWh): 0.13
- Cooling system: CyberAir A (SYSTEM 1), CyberAir GE (SYSTEM 2)
- Annual increase energy costs: 3%
- Capital interest: 3%
- Period of depreciation: 10 Years
- Chosen device: ASD 602 A (SYSTEM 1), ALD 612 GE (SYSTEM 2)
- Standby capacity: 2+1
- Return air temperature: 27 °C
- Return air humidity: 40%
- Temp. medium in (CW): °C
- Temp. medium out (CW): °C
- Peric. glycol (G, GE, CW): 30 °C
- NET cooling capacity: 126 kW
- Drycooler/Chill./Condens.: KSV0362351A (SYSTEM 1), GFH 090.2B/2x5-L(S) (SYSTEM 2)
- Number: 6 (SYSTEM 1), 1 (SYSTEM 2)
- Pump: TPE Series 2000 80-180
- Req. pump head press./Vol. flow: 14.4 m / 43.8 m³/h
- Pipe system pressure drop: 50.0 kPa
- Costs pipe system: 0

Page 2: Result

	SYSTEM 1	SYSTEM 2	Difference		
Location:	Great Britain - London	Great Britain - London			
Energy costs (per kWh):	0,130	0,130			
Chosen device:	ASD 602 A	ALD 612 GE			
Investment costs	No.	Total	No.	Total	
A/C unit	3	53.004	3	83.172	30.168
Drycooler	0	0	1	25.193	25.193
Condenser	6	16.776	0	0	-16.776
Central pump	0	0	1	3.134	3.134
Chiller	0	0	0	0	0
Pipe system / Installation	0	0	0	0	0
Total Investment costs	0	69.780	0	111.499	41.719
Annual increase energy costs:	3%		3%		
Capital interest:	3%		3%		
Period of depreciation:	10		10		
Operating and Total costs	Total	Total			
Operating costs per year	40.127	16.927		-23.200	
Total costs after 1 year	112.000	131.771		-19.771	
after 2 years	155.215	152.215		-2.999	
after 3 years	193.461	172.850		-20.611	
after 4 years	244.774	193.688		-51.086	
after 5 years	291.193	214.746		-76.447	
after 6 years	338.758	236.041		-102.717	
after 7 years	387.509	257.591		-129.918	
after 8 years	437.488	279.412		-158.076	
after 9 years	488.739	301.524		-187.215	
after 10 years	541.305	323.944		-217.361	

Page 3: Print outputs and diagrams

- Print summary
- Total costs
- Energy costs component
- Annual temperature hours
- Print page
- Energy consumption
- Energy costs operation
- Annual operating hours

Abbildung 7: Beispiel, Software für Systemvergleiche

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.

Über den Autor:

Benjamin Petschke ist Leiter des Produktmanagements und des Sales Support. Nach dem Physikstudium startete er 1996 bei Stulz als Entwicklungsingenieur. 1997 wechselte er in den Vertrieb und arbeitete dort in verschiedenen Positionen. Benjamin Petschke ist spezialisiert auf die Klimatisierung von Rechenzentren und Akustik.

Über die Stulz GmbH:

Stulz wurde 1947 in Deutschland gegründet und hat sich auf Bereiche spezialisiert, in denen technologisches Fachwissen und unternehmerische Flexibilität gefragt ist. Das im Familienbesitz befindliche Unternehmen schaut auf mehr als 30 Jahre Erfahrung in der Klimatisierung von Rechenzentren zurück. Als Global Player ist Stulz heute in mehr als 100 Ländern weltweit tätig und verfügt über Produktionsstätten in Deutschland, USA, Italien, China und Indien.