

Der Weg zur effizienten RZ Klimatisierung - eine durchgängige Kühlkette

IBM - Aus der Praxis für die Praxis - München 13.7.11



***Dr. Peter Koch – Heiko Ebermann - Manfred Willnecker - Wolfgang Trepte
Knürr GmbH - Emerson Network Power Systems EMEA***

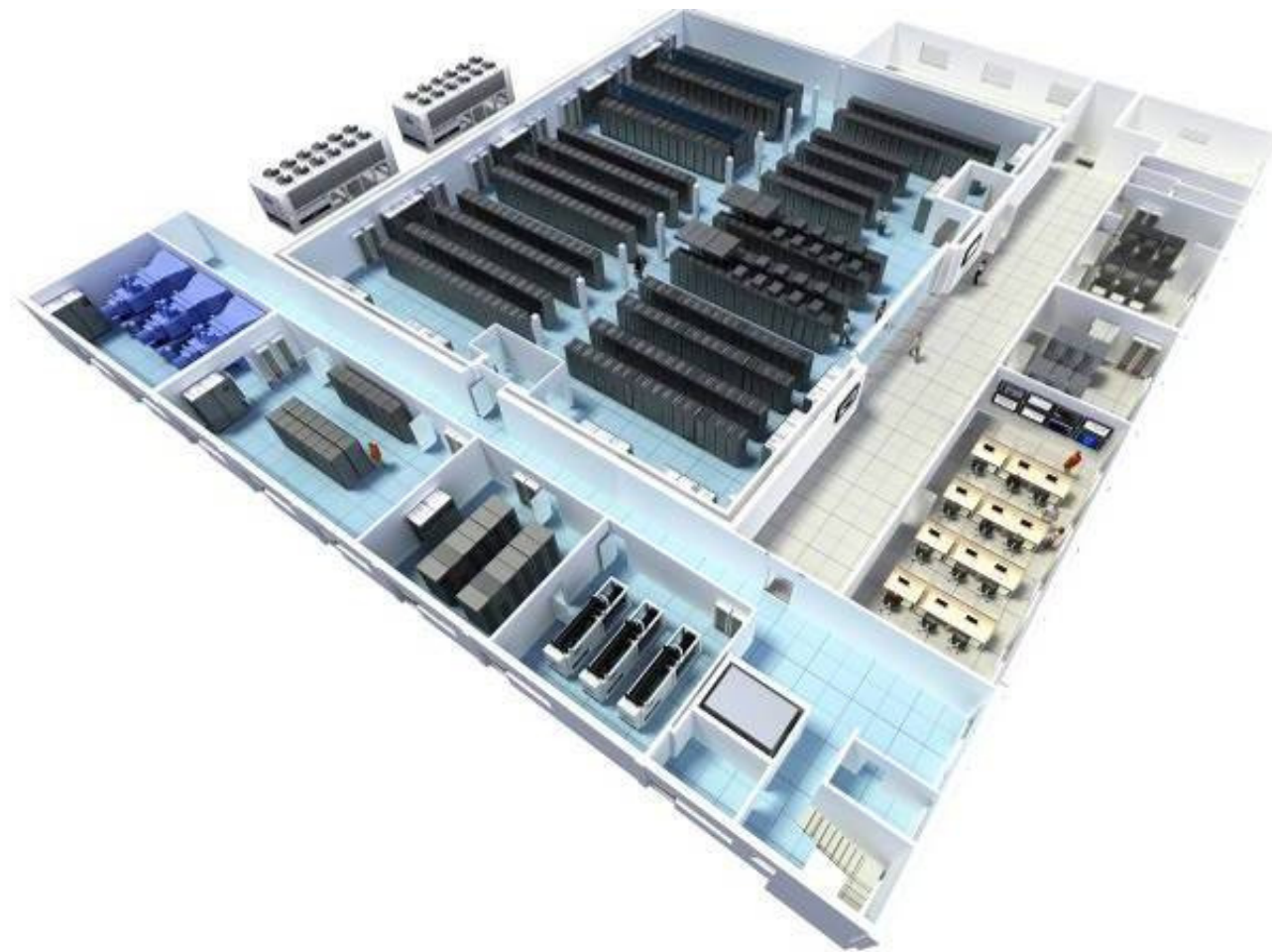


Was haben diese Größen gemeinsam?

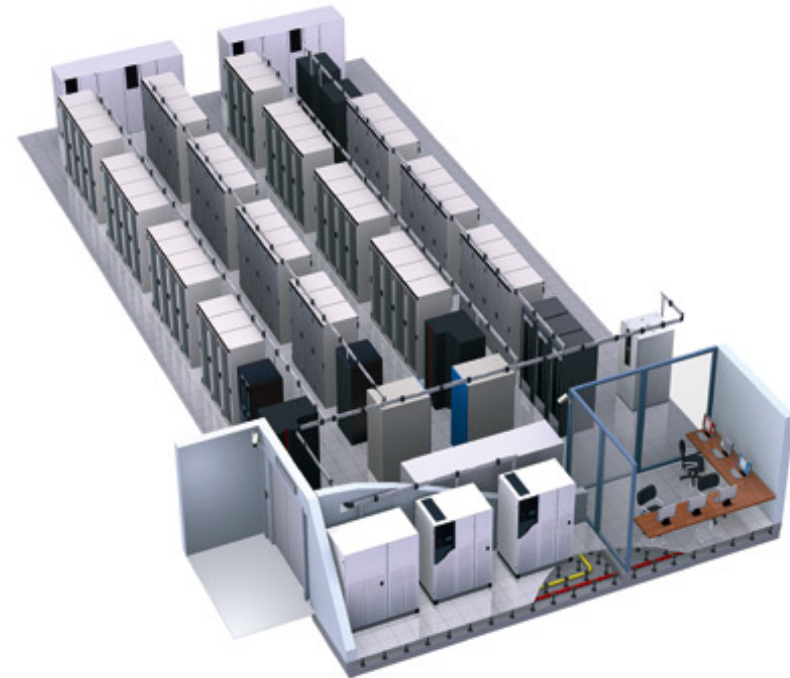
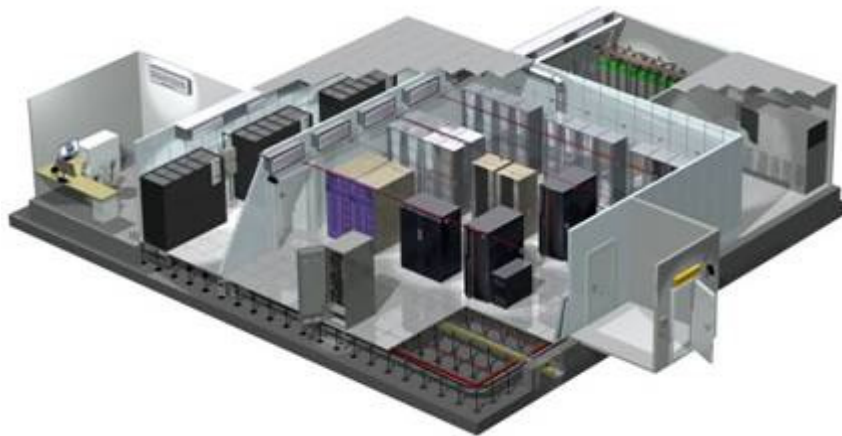
$^{\circ}\text{C}$ l/S Pa m^3/h m^3 $\text{n}+1$ kg kW m^2 kVA h V

€€€

Ein komplexes System



Kein Rechenzentrum ist wie ein anderes



Anforderungen an die RZ Infrastruktur

- Verfügbarkeit
- Kapazität
- **Gesamtkosten - Effizienz**
- Zukunftssicherheit - "Agility"

Die Struktur der Gesamtkosten

- **Investitionen**

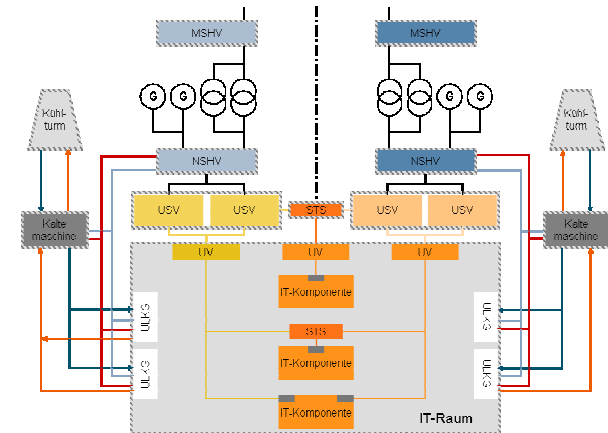
- Grundstück, Gebäude
- IT Komponenten / System
- Infrastruktur Komponenten / System
- Aufwand für Planung, Genehmigung, Bau, Inbetriebnahme, Zertifizierung
- Abbau, Entsorgung am Lebensende
- Faktor Zeit: Langlebigkeit, schrittweise Investition

- **Betriebskosten**

- Energiekosten
- Personalkosten
- Wartungskosten
- Audit-, Rezertifizierungskosten
- Versicherungskosten
- "Strafsteuern", z.B. UK Carbon Tax

Die wichtigsten Kostentreiber

- **Verfügbarkeit**
 - Maximale Downtime, "Tier III", "Tier IV"?
 - Qualität der Komp., Redundanzen, Betrieb
- **IT Fläche**
 - Quadratmeter IT, Quadratmeter Technik
 - Bau 1 m² IT Fläche 7.000,- bis 25.000,- €
 - Anforderungen an das Gebäude
- **Strom für die IT**
 - Gesamtstrombedarf x 1,2 ... 1,8 (PUE!)
- **Leistungsdichte**
 - 4 bis > 20 KW je Rack
- **Effizienz**
 - Energieeffizienz
 - ... - Effizienz



Schema Tier IV



4 kW je Rack

Effiziente Flächennutzung

- **Leistungsdichte**

- Konventionelle Auslegung: 500 - 1,500 W/m²
1,5 - 4 kW per rack
- Raumkühlung, Einhausung 12 kW per rack
- Schrankkühlung: 20 - 25 kW per rack

- **Baukosten**

- je nach Ausführung 7 - 25,000 - ... EUR pro m² IT Fläche*

- **Effizienz**

- Erforderliche Fläche für 100 Blades à 4 kW:
 - 100 Racks / 300 m² / 3,0 M € (1 Blade pro Rack)
 - 34 Racks / 100 m² / 2,5 M € (3 Blades pro Rack)
 - 20 Racks / 60 m² / 1,5 M € (5 Blades pro Rack)

*) ohne Grundstückskosten

Energiekosten - ein dominanter Faktor



1 MW / 1 Jahr
8,76 Mio. kWh

⇒ **1 Mio. €**
⇒ **5.000 t CO₂**

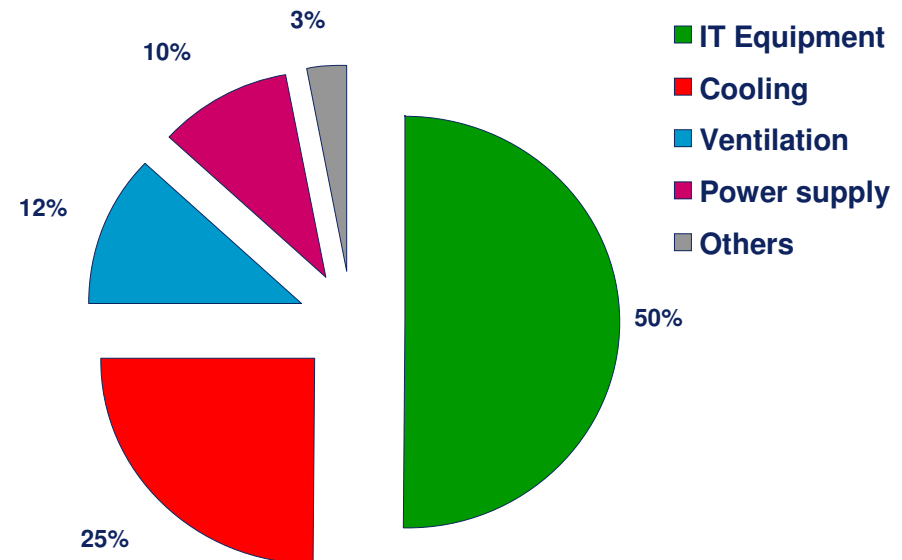
PUE - der globale Durchschnitt



the green grid™

$$\text{PUE} = \frac{\text{Total Facility Power}}{\text{IT Equipment Power}}$$

Power **U**sage **E**ffectiveness



PUE = 2: Nur 50% des Stroms für die IT

PUE - ein paar Anmerkungen

Traue keiner PUE, die du nicht selbst gefälscht hast !

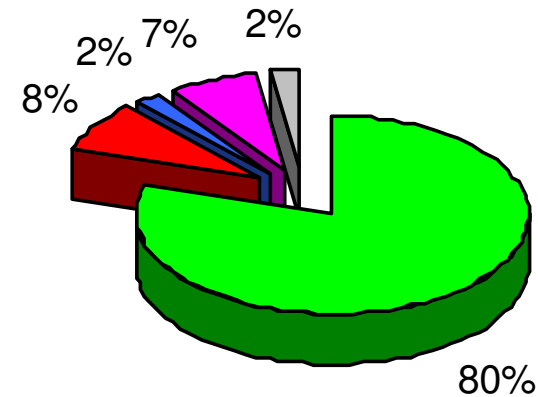
- **Wann wurde gemessen?**
 - keine Momentaufnahmen, 1 Jahr lang messen !
- **Wo wurde gemessen:**
 - alle Verbraucher und Verluste ab Transformator (400 V)
 - IT Last: Summe aller IT Komponenten am Stecker
- **Etikettenschwindel "IT Load"**
 - Serverlüfter verbrauchen
5 - 10% bis 25 °C Luftansaugtemperatur
15 - 30% bei 35 °C
- **Örtlich und zeitlich detaillierte Messungen zur Optimierung**

PUE - was ist erreichbar?

Erreichbar ist $PUE = 1,5 - 1,2$
abhängig von einer Vielzahl von
Faktoren und Einflussgrößen.

⇒ **reduzierte Stromkosten**
oder

⇒ **mehr Strom für die IT**



z.B. $PUE = 1,25$

Mehr als nur Energieeffizienz ...

- effiziente Stromnutzung
- effiziente Nutzung von Gebäude / Flächen / Racks
- effiziente Nutzung von Infrastrukturkomponenten
- effiziente Nutzung von Arbeitskraft bei Planung, Bau und Betrieb
- *hohe Verfügbarkeit und Sicherheit ...*

⇒ **Mehr IT mit weniger Aufwand**

... oft können optimierte Systeme nachgerüstet werden.

Schlüsselfaktor Kühlsystem



ASHRAE TC 9.9 2008

Temperatur: empfohlen 18 - 27°C

zulässig 15 - 32°C

Feuchte: empfohlen TP 5,5°C - 60% rel. Feuchte bzw. TP 15°C

zulässig 20 - 80% rel. Feuchte

Außentemperaturen (Beispiel Berlin)

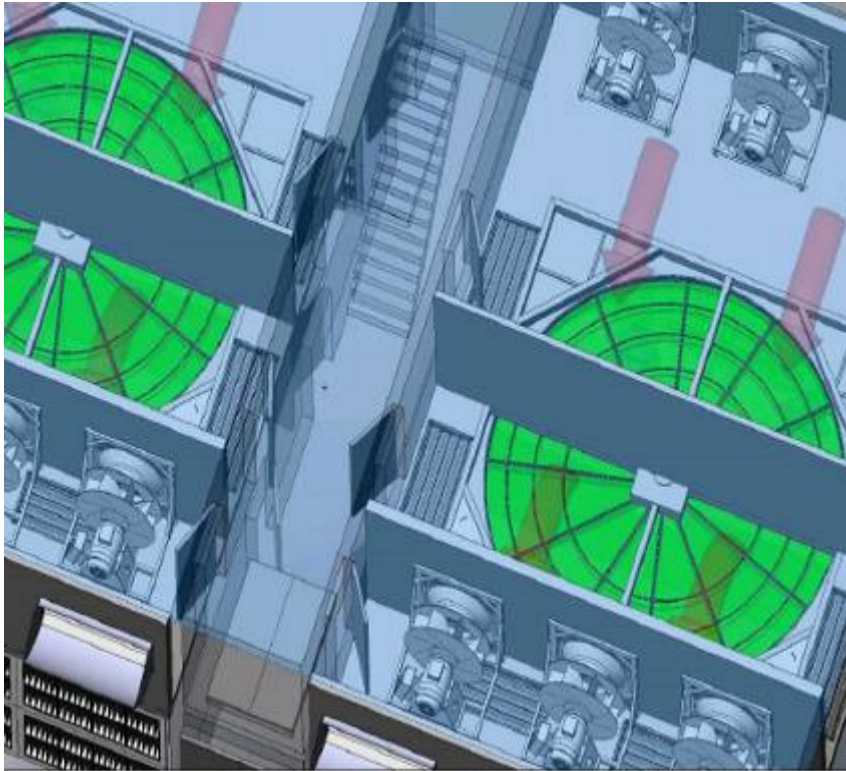
Temperatur °C	Zeitanteil h
35	0,8
34	2,1
33	4,0
32	5,1
31	9,0
30	16,4
29	22,6
28	31,8
27	43,2
26	61,5
25	83,5
25 bis 35	280,0
16 bis 24	2084
-20 bis 15	6396

8760,0

Gebräuchliche Kühlsysteme

- **Direkte freie Kühlung / Frischluftkühlung**
- **Indirekte freie Kühlung**
 - **Luft / Luft Wärmetauscher**
 - **Kaltwassersystem**

Das beste System überhaupt ?

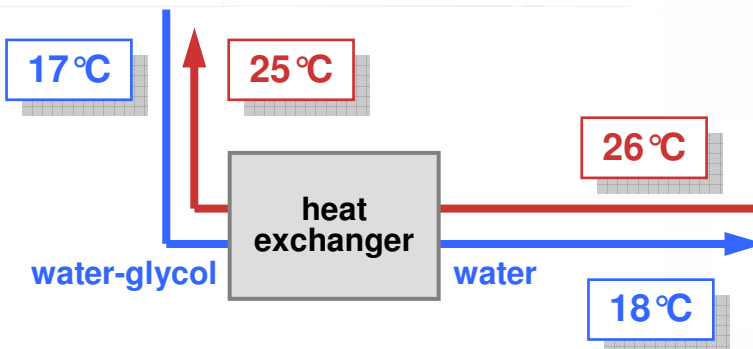


KyotoCooling® is simply the highest quality energy optimized cooling solution for data centers in the world today. KyotoCooling delivers modular cooling and energy savings of up to 85% over other designs. Simple autonomous and self adapting controls ensure dynamic adjustment to changing conditions inside and outside the data center. If you need a proven product that is complete, scalable, and deliverable today, we have the solution for you in increments of 90kw to 850kw of sensible cooling. Our achievable energy efficiency in North America and Europe ranges from **1.05-1.15 PUE(m)** - Mechanical only PUE based on 10 year bin data, complete mechanical overhead included.

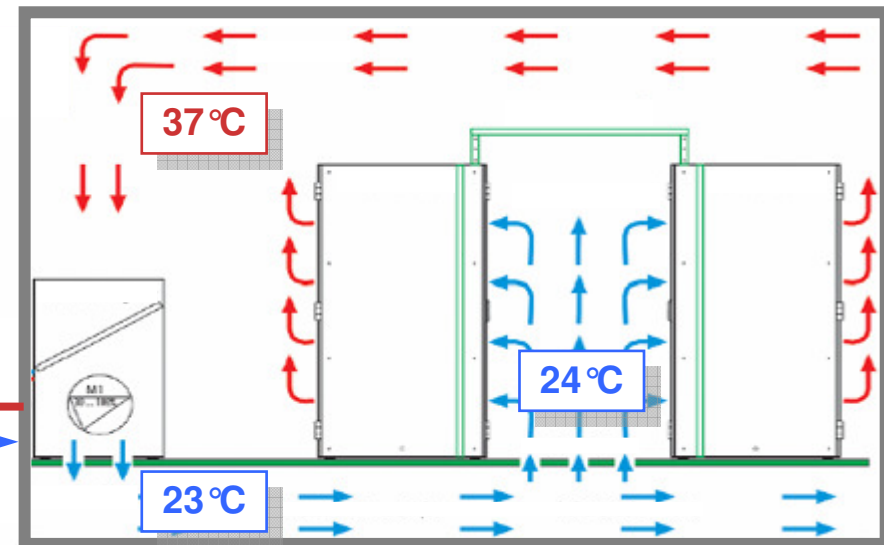
Source: <http://www.kyotocooling.com/> 2011-03-11

... oder doch besser ganz konventionell?

max. 40 °C

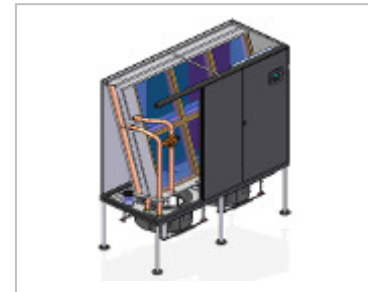


- Hohe Kühllufttemperatur ~24 °C
- Gangeinhausung
- Drehzahlgeregelte Lüfter
- Hohe Rücklufttemperatur, z.B. 37 °C
- Hohe Kühlwassertemperatur
- Chiller mit Freikühlung
- Systemregelung "from rack to roof"



Die Zutaten

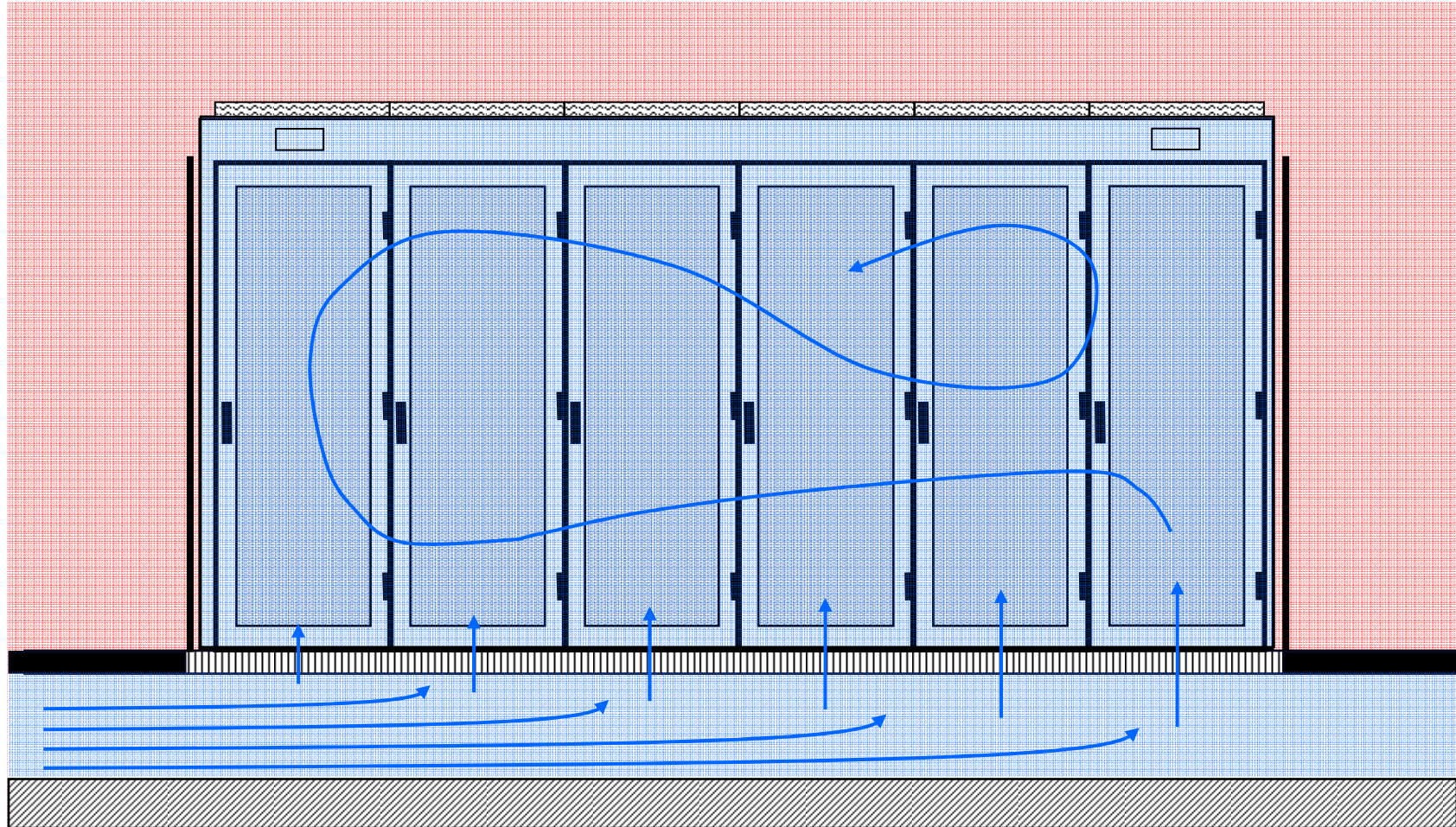
- **SmartAisle Kaltgangeinhausung**
- **iCOM Regler für Kühlsysteme**
- **Eine patentiertes Regelungssystem**
- **Liebert HPM EC Extended**
- **Liebert HPC M new**



SmartAisle Kaltgangeinhausung



Gleichmäßige Kühleluftverteilung



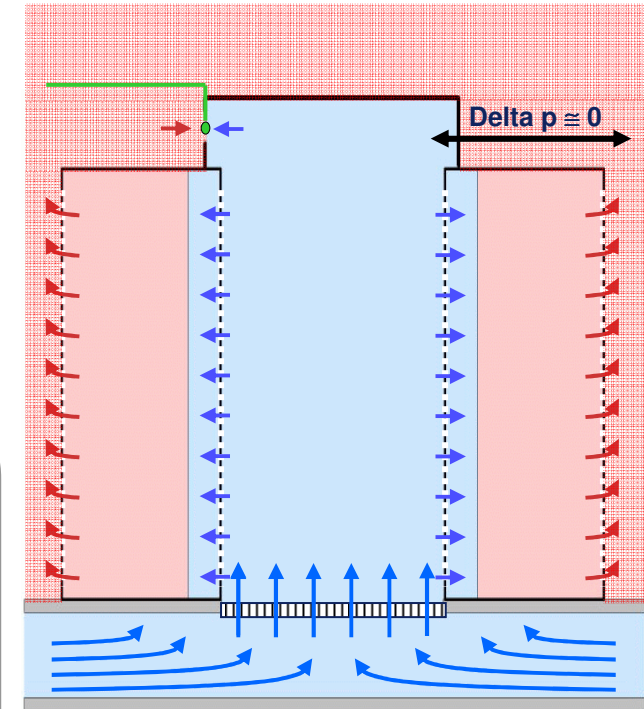
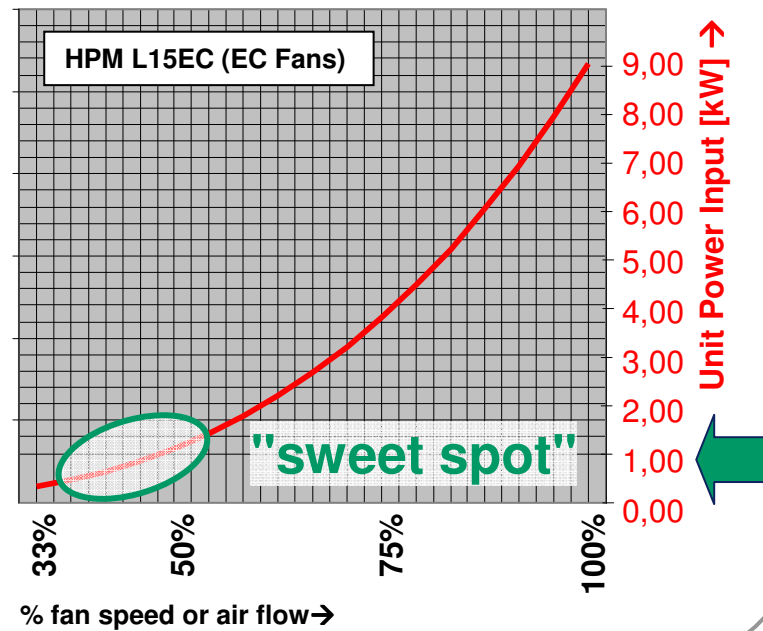
Das Regelungsprinzip



iCOM



EC fans - dynamic speed control



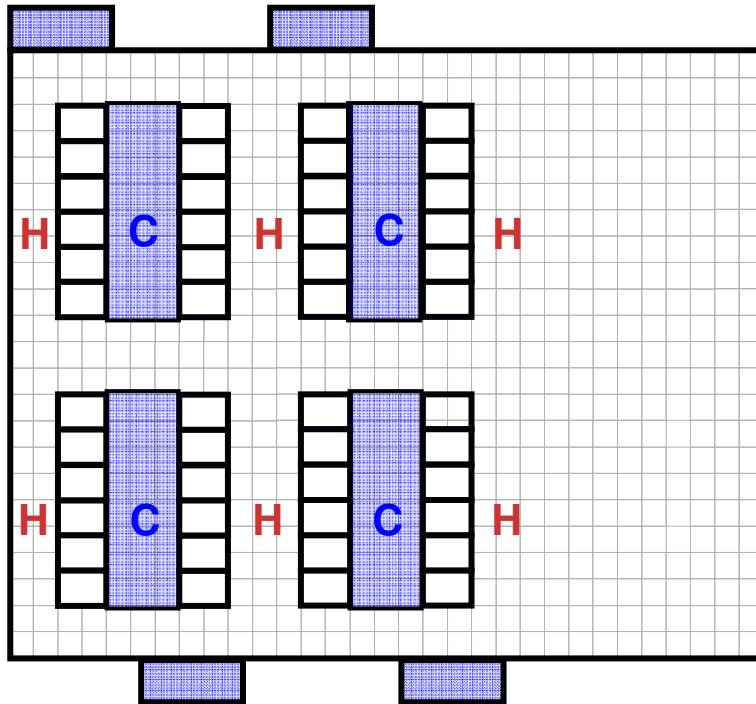
Was bringt das?

- Überall gleiche Temperatur im Kaltgang, keine Hot Spots
- Beliebige Platzierung von IT Equipment
- Unabhängige Regelung von Temperatur und Luftmenge
- Bedarfsabhängige Verteilung der Luft durch Doppelboden
- Unempfindlich gegen "Schiefasten", ULK Ausfall
- Lange Überbrückungszeiten bei Ausfall der Kühlung

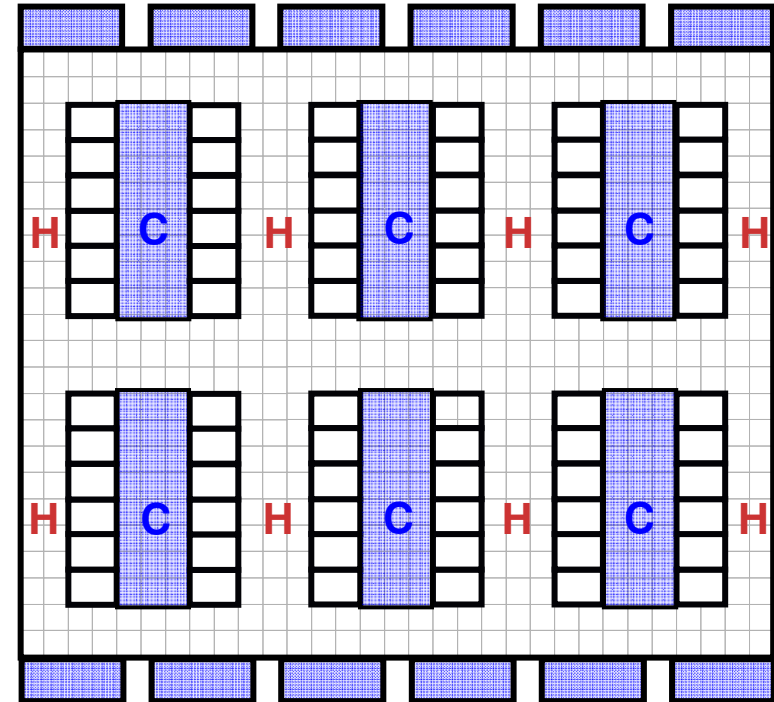
Was bringt das (2) ?

- Optimale Energieeffizienz
(alle ULKs laufen parallel, keine Stand-By Maschinen)
- Höhere Leistungsdichte, optimierte Flächennutzung
- Mehr Kühlleistung je ULK durch hohe Rücklufttemperatur
- Planungs- und Betriebssicherheit durch eindeutige Vorhersagbarkeit von Kühlleistung und Systemverhalten
- Anpassbar und skalierbar an veränderte Anforderungen

Modularer Ausbau

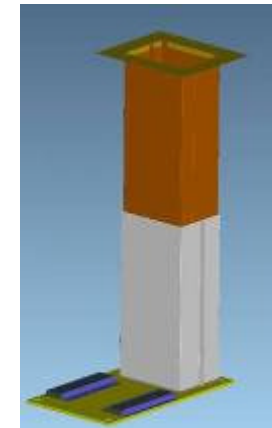
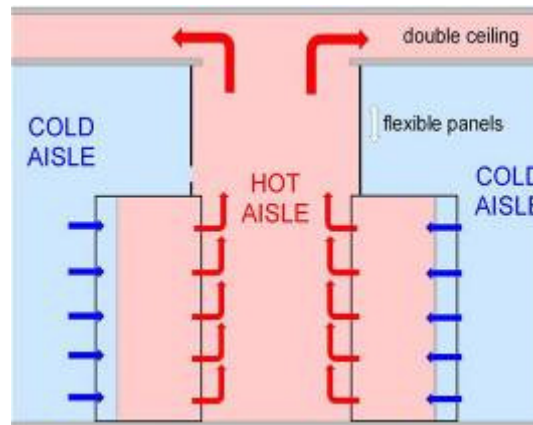
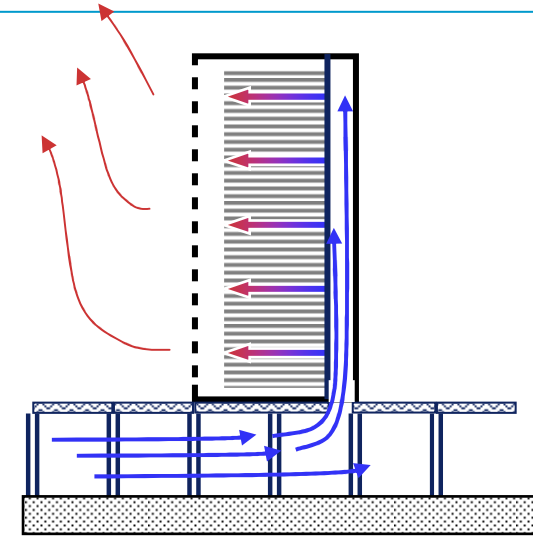
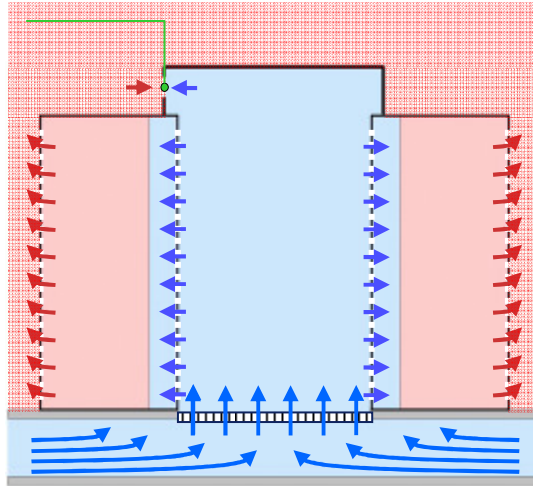


- 48 Racks
- 6 kW / Rack
- 288 kW gesamt
- 3 + 1 ULK Redundanz



- 72 Racks
- 12 kW / Rack
- 864 kW gesamt
- 10 + 2 ULK Redundanz

Weitere Bauweisen



Nachrüstlösung Gangeinhausung



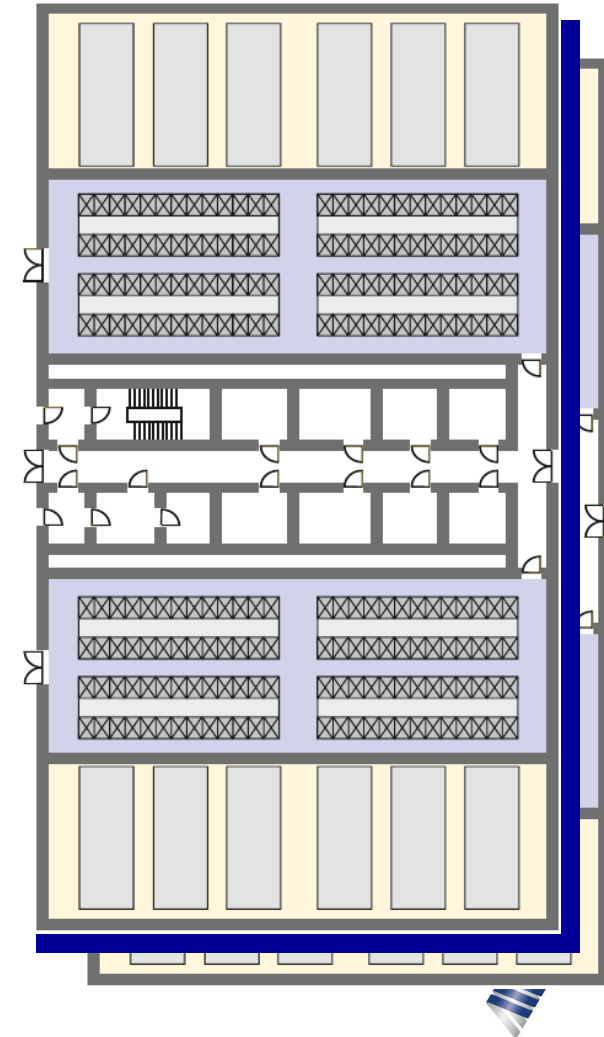
- Kombination von Standardkomponenten (Türen z.B.) und Standard-Industrieprofilen
- Lücken, Säulen u.ä. werden individuell verblendet
- Anpassung vor Ort möglich
- Im laufenden Betrieb nachrüstbar

Fallbeispiel

Konzeptentwurf für ein großes RZ in Europa

Mehrere identische Gebäudemodule:

- Erdgeschoß: USV ...
- Dach: Chiller ...
- 2 IT-Ebenen: je 2 x 300 qm IT-Fläche
- Indirekte Luftkühlung (HE-KVS)
- 7 m Geschoßhöhe
- 3,6 MW nominale IT-Last pro Modul
- 900 kW nominale IT-Last pro Raum
- 112 Racks pro Raum
- 3 kW pro qm / 8 kW pro Rack



Grundlegende Annahmen Klimatechnik

Gesamte Wärmelast = Nominale IT-Last + 12% = 4,0 MW

Auslegung:

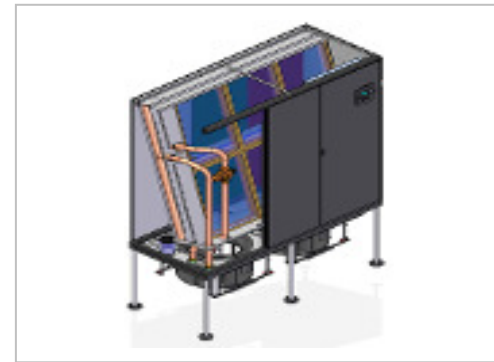
n+1 Redundanz für nominale Last

Mittlere reale IT-Last = 60% der nominalen Last:

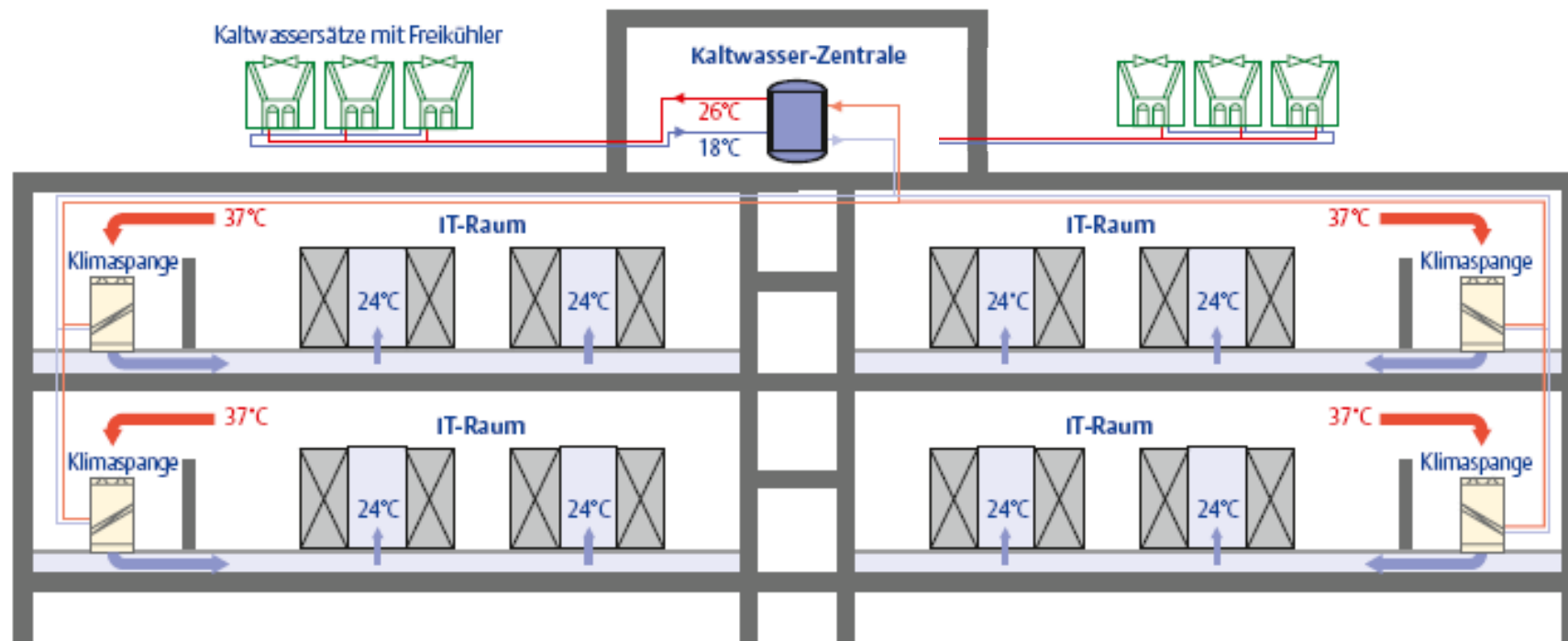
- 900 kW nominale IT-Last / 540 kW reale IT-Last pro Raum
- 3,6 MW nominale IT-Last / 2,16 MW reale IT-Last pro Modul

Die Zutaten

- **SmartAisle Kaltgangeinhausung**
- **iCOM Regler für Kühlsysteme**
- **Eine patentiertes Regelunssystem**
- **Liebert HPM EC Extended**
- **Liebert HPC M new**



Gebäudekonzept



ULKs: HPM L15EC Extended



Höchste Effizienz durch:

- Optimierte Luftführung
- Minimierte Druckverluste
- EC-Lüfter im Doppelboden (oder auf dem DoBo)
- iCOM Lüfterregelung

Auslegung pro IT-Raum:

- 900 kW nominale Last
- 6 + 1 HPM L15EC Geräte pro Raum
- Je 155 kW Kühlleistung (18 / 26° C Wasser, 37°C Rückluft)
- 540 kW reale Last pro IT-Raum (im Mittel über die Lebensdauer)
- 7 Geräte laufen bei 78 kW Teillast
- 1 kW Aufnahme pro Gerät, 7 kW total - 1,3% der IT Last

Chiller: HPC M new FG4066



Höchste Effizienz durch:

- Neue Schraube, hoher EER / Leistungszahl
- Großes Freikühlregister
- iCOM, drehzahlgeregelte EC Lüfter
- Stufenlose Leistungsregelung 25 - 100%
- KW-Temperatur bis 20 / 26 °C

Auslegung pro Modul:

- 4 MW gesamte nominale Last
- 5 + 1 FG4066 Chiller
- Je 817 kW Kühlleistung bei 40 °C Umgebungstemperatur, 30% Glykol, 17 / 25 °C Fluidtemperatur

Chiller: Teillastbetrieb / Freikühlung

- **Reale Last pro Modul: 2,4 MW (= 60% aus 4 MW)
(Reale IT Last: 2,16 MW)**
- **Jeder Chiller läuft bei 400 kW Teillast (6 Geräte parallel)**
- **Berechnung mit Hirling Software für Berlin:**

-20 / +15 °C	6.396 Std.	100% Freikühlung	nur Lüfter
+16 / +24 °C	2.084 Std.	gemischt	Lüfter und Kompressor
+25 / +35 °C	280 Std.	100% mech. Kühlung	Lüfter und Kompressor
- **Lüfter bei 964 rpm (100%) / 30 kW bei Kompressorbetrieb**
- **Lüfter bei 400 rpm / 2,4 kW bei voller Freikühlung < 10 °C (4.307 Std.)**
- **Kompressor EER (100%) 4,23 (35 °C) - 6,95 (16 °C)**

Jährlicher Chiller-Energieverbrauch

Pro Chiller:

• Erzeugte Kälte (400 kW x 8.760 h):	3.504.000 kWh
• Kompressorverbrauch:	74.071 kWh
• Lüfterverbrauch:	106.755 kWh*
• Verbrauch Steuerung, ... (ca. 500W):	4.380 kWh
• Verbrauch KW-Pumpen:	35.040 kWh
• Gesamtverbrauch:	220.246 kWh
• *) ohne geregelte EC Lüfter:	262.800 kWh

Pro Gebäudemodul:

• IT Last (2,16 MW x 8.760 h):	18.921.600 kWh
• Gesamter Chiller-Energieverbrauch (6 Geräte):	1.321.476 kWh

7,0 % der IT-Last

ENP - Systemkonzept

- 1,3 % der IT-Last für Luftzirkulation
 - 7,0 % der IT-Last für Kälteerzeugung
- ⇒ **PUE (m) = 1,083** (Kyoto Cooling: 1,05 – 1,15)

Durch die Verwendung von optimierten Standardkomponenten und optimierter Betriebspunkte!

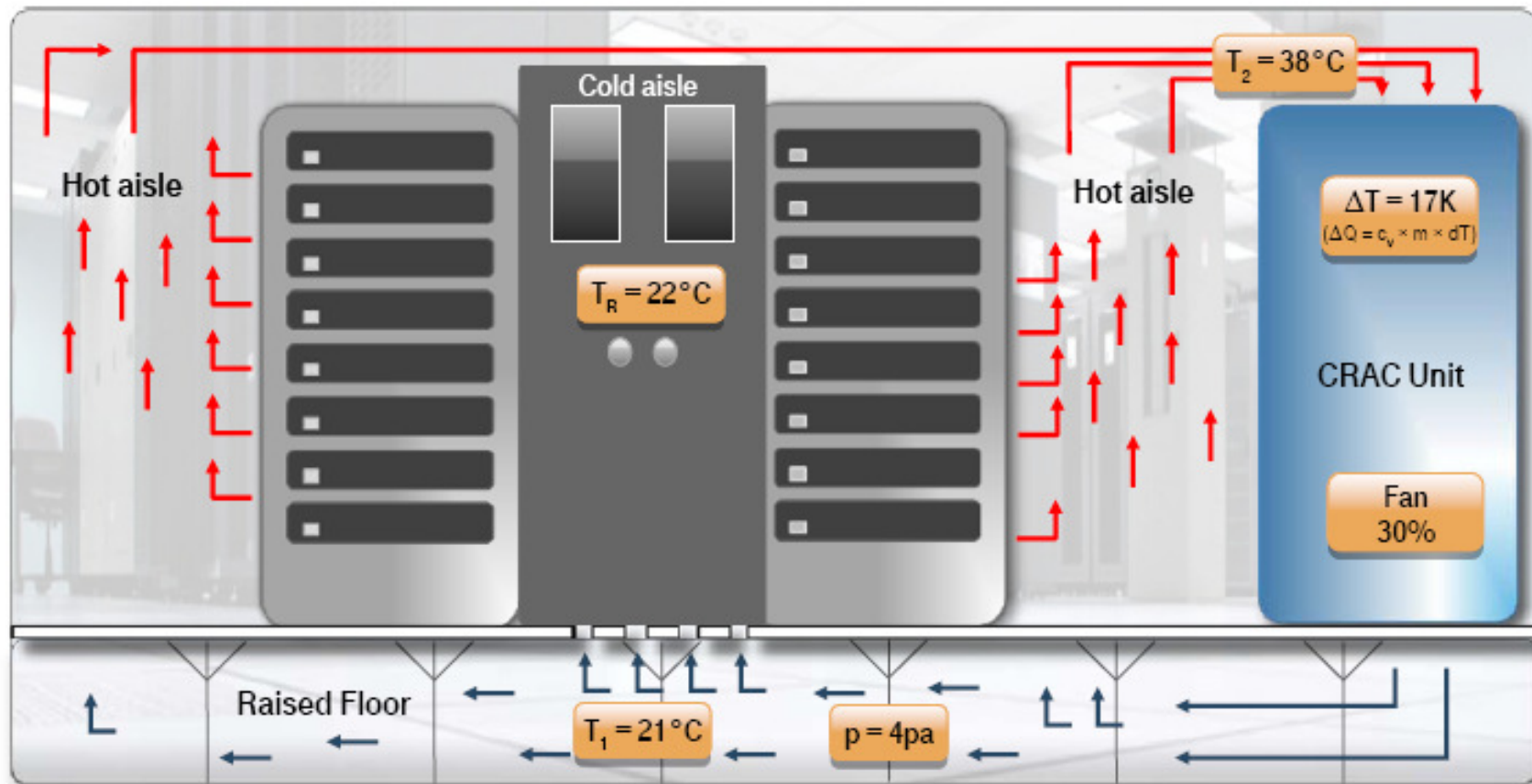
Weitere Einsparmöglichkeiten (ggü. Hirating-Modellierung):

- Kompressoren haben im Teillastbetrieb einen höheren EER
- Optimierung Lüfterdrehzahl im Kompressorbetrieb
- Dynamische Steuerung der KW-Vorlauftemperatur (Teillastanhebung)
- Optimierter Betrieb der KW-Pumpen

Anforderungen an die RZ Infrastruktur

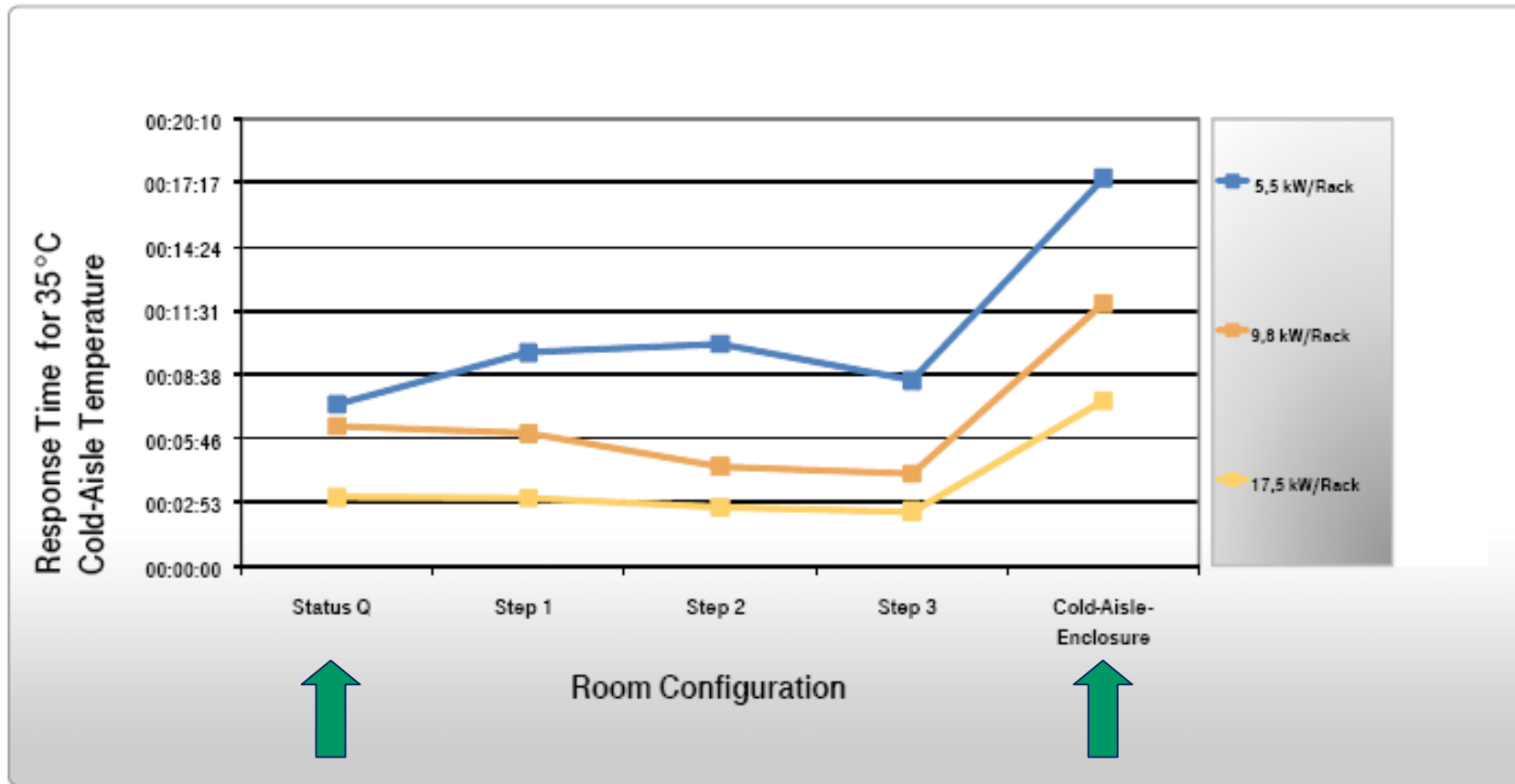
- **Verfügbarkeit**
- **Kapazität**
- **Gesamtkosten - Effizienz ✓**
- **Zukunftssicherheit - "Agility"**

Verfügbarkeit



Testsetup @ T-Systems DataCenter 2020

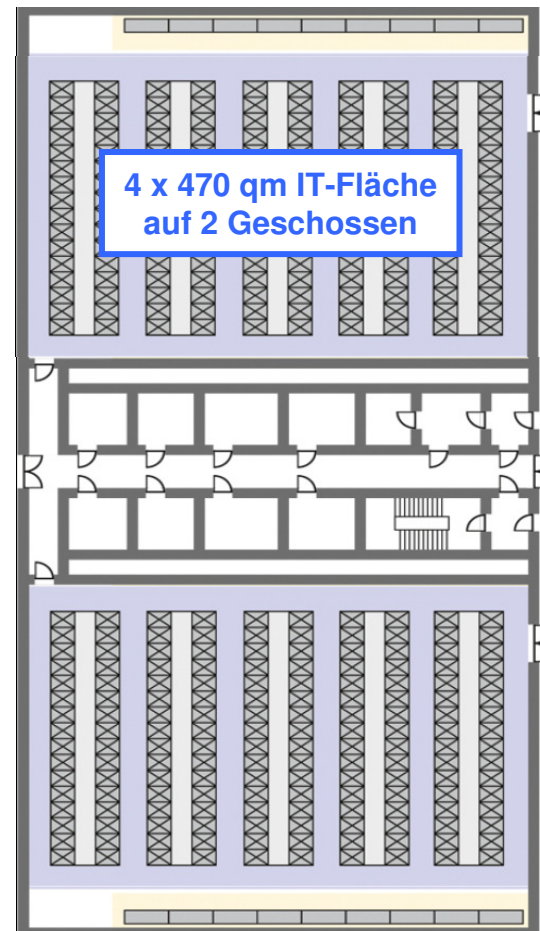
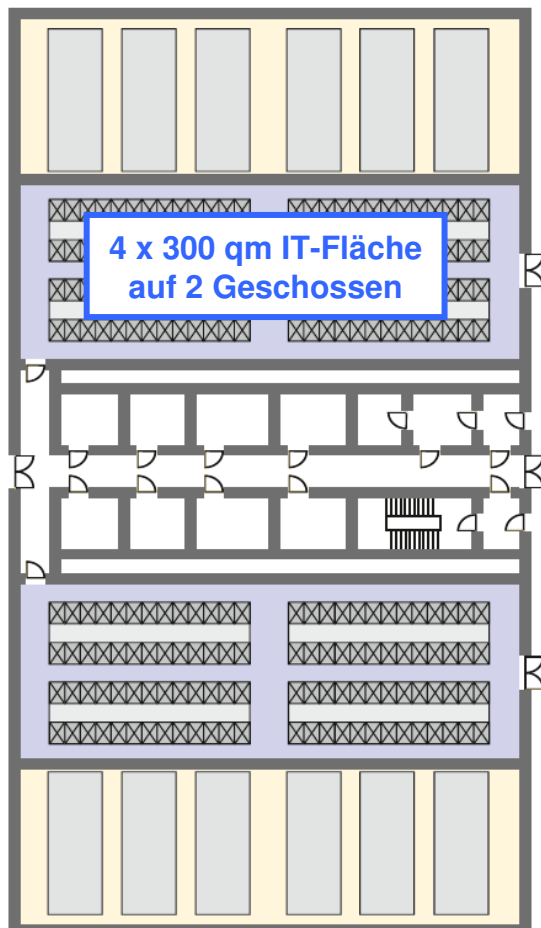
Verfügbarkeit – Ausfall Kältesystem



Testsetup @ T-Systems DataCenter 2020:
„Thermal ride thru“ 22 °C ⇒ 35 °C Kaltgangtemperatur

⇒ www.datacenter2020.com

Kosten - TCO



- + 57% IT-Fläche
- 4,5 m anstatt 7 m Geschoßhöhe

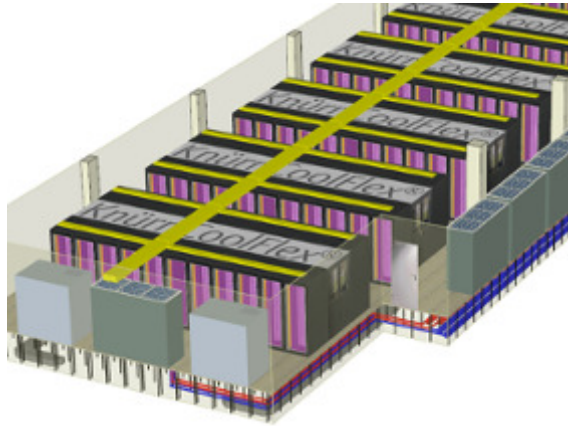
Zukunftssicherheit

- **Mit SmartAisle / Kaltgangeinhausung:**
 - **Modulares Rauml原因**
 - IT Equipment kann an jedem Platz im Raum installiert werden
 - Weitere Racks können jederzeit installiert werden
 - Weitere ULKs können jederzeit installiert werden
 - Spez. Last (kW/qm) kann jederzeit angepasst werden
 - **Dynamische Regelung**
 - Systeme passen sich wechselnden Lasten automatisch an
 - System kommt mit wechselnden Temperaturen zurecht
- **Weitere Chiller können jederzeit bei Bedarf hinzugefügt werden**

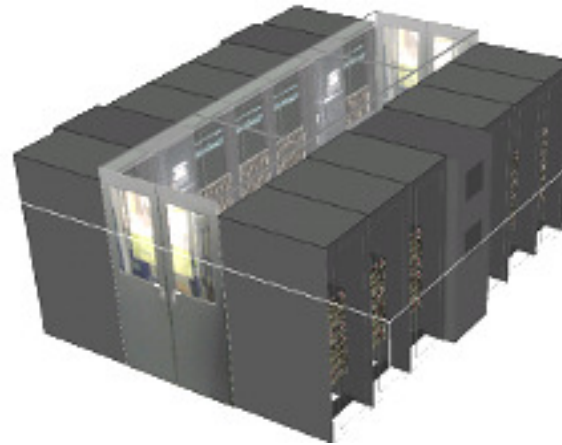
Anforderungen an die RZ Infrastruktur

- **Verfügbarkeit ✓**
- **Kapazität ✓**
- **Gesamtkosten - Effizienz ✓**
- **Zukunftssicherheit - "Agility" ✓**

Alternativen auf Reihen- und Schrankebene



Raumkühlung
(ca. 6 - 12 kW/ Rack)



Reihenkühlung
(ca. 8 - 20 kW/ Rack)



Schrankkühlung
(ca. 15 - 30 ... kW/ Rack)

Immer das gleiche Prinzip:

- Durchgängige Lufttrennung
- Drehzahlgeregelte EC Lüfter
- Lastabhängige Kühlwassertemperatur
- Hochtemperatur-Chiller mit Freikühlung

... die derzeit bevorzugte Lösung für HPC



Knürr DCD

Empfehlungen

- **Kühlung optimieren**
 - **Lufttrennung, Systemregelung, Freie Kühlung**
- **Kühllufttemperatur festlegen, hoch - aber nicht zu hoch**
- **Mittlere bis hohe Leistungsdichte**
- **Auslastung überwachen, Kapazität schrittweise ausbauen**
- **Modulares System, Standardkomponenten**
- **Komponenten sinnvoll auslasten, Redundanzen nutzen**
- **Elektrische Verluste minimieren, zählen doppelt**
- **Gesamtsystem aus einer Hand**