



# e-shelter

## Messen, Steuern, Sparen

Energieverbrauchsoptimierung der technischen Infrastruktur zur  
Versorgung der IT-Hardware in bestehenden Rechenzentren

Frankfurt am Main, 15.08.2008

# Inhaltsverzeichnis

## **Gegenwärtige Klimadiskussion und ihre Auswirkungen**

IT und Umwelt

Technische Gebäudeinfrastruktur

Versorgungskosten

## **Energiemessung**

„Wo anfangen?“

Messen

Auswerten

## **Verbrauchsoptimierung im Detail**

Doppelbodenmanagement

Luftverteilung und Luftmengen

Ergebnis

Regelung der Umluftkühlgeräte

Weitere Themen zum Energiesparen

# Gegenwärtige Klimadiskussion und ihre Auswirkungen

IT und Umwelt

Technische Gebäude Infrastruktur

Versorgungskosten

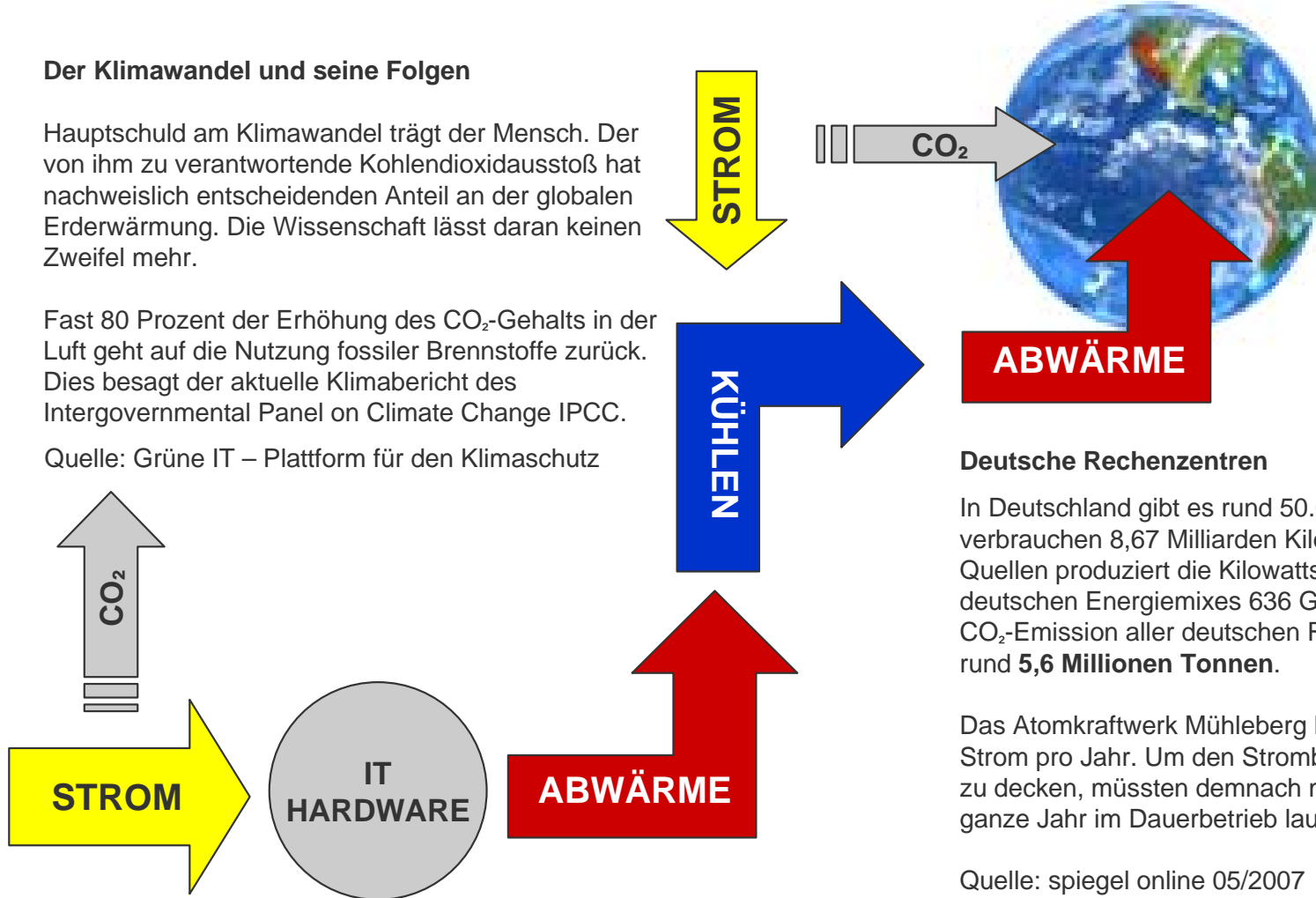
# Die begrenzten Ressourcen für die Energieerzeugung und der mit der Erzeugung verbundene CO<sub>2</sub> Ausstoß bewirken endlich ein Umdenken. Hat der Betrieb von IT Auswirkung auf die Umwelt ?

## Der Klimawandel und seine Folgen

Hauptschuld am Klimawandel trägt der Mensch. Der von ihm zu verantwortende Kohlendioxid ausstoß hat nachweislich entscheidenden Anteil an der globalen Erderwärmung. Die Wissenschaft lässt daran keinen Zweifel mehr.

Fast 80 Prozent der Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Gehalts in der Luft geht auf die Nutzung fossiler Brennstoffe zurück. Dies besagt der aktuelle Klimabericht des Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC.

Quelle: Grüne IT – Plattform für den Klimaschutz



## Deutsche Rechenzentren

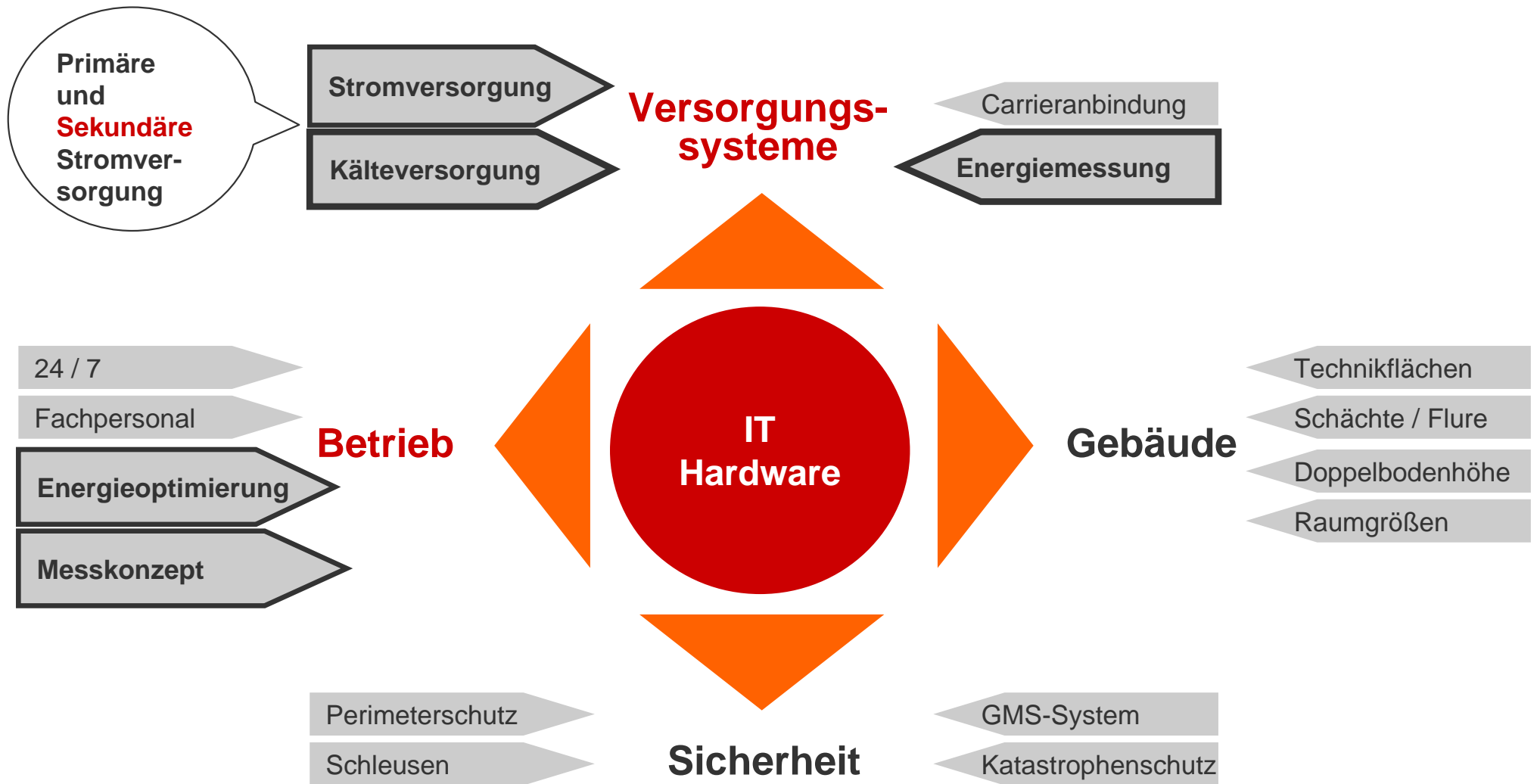
In Deutschland gibt es rund 50.000 Rechenzentren. Diese verbrauchen 8,67 Milliarden Kilowattstunden Strom. Laut mehrerer Quellen produziert die Kilowattstunde Strom auf der Grundlage des deutschen Energiemixes 636 Gramm Kohlendioxid. Die jährliche CO<sub>2</sub>-Emission aller deutschen Rechenzentren beläuft sich damit auf rund **5,6 Millionen Tonnen**.

Das Atomkraftwerk Mühleberg liefert 2,7 Milliarden Kilowattstunden Strom pro Jahr. Um den Strombedarf der deutschen Rechenzentren zu decken, müssten demnach mehr als drei Atomkraftwerke das ganze Jahr im Dauerbetrieb laufen.

Quelle: spiegel online 05/2007

# Der zweitgrößte Kostenblock im Rechenzentrum ist der Energieverbrauch

## Identifikation der Infrastruktur-Anlagen und Systeme als sekundäre Stromverbraucher



# Anteil der Versorgungskosten am Gesamtenergieverbrauch Stromversorgung eines bestehenden ca. 4-5 Jahre alten Rechenzentrums

Durchschnittlicher Primär- und Sekundärstromverbrauch per annum

## Annahmen:

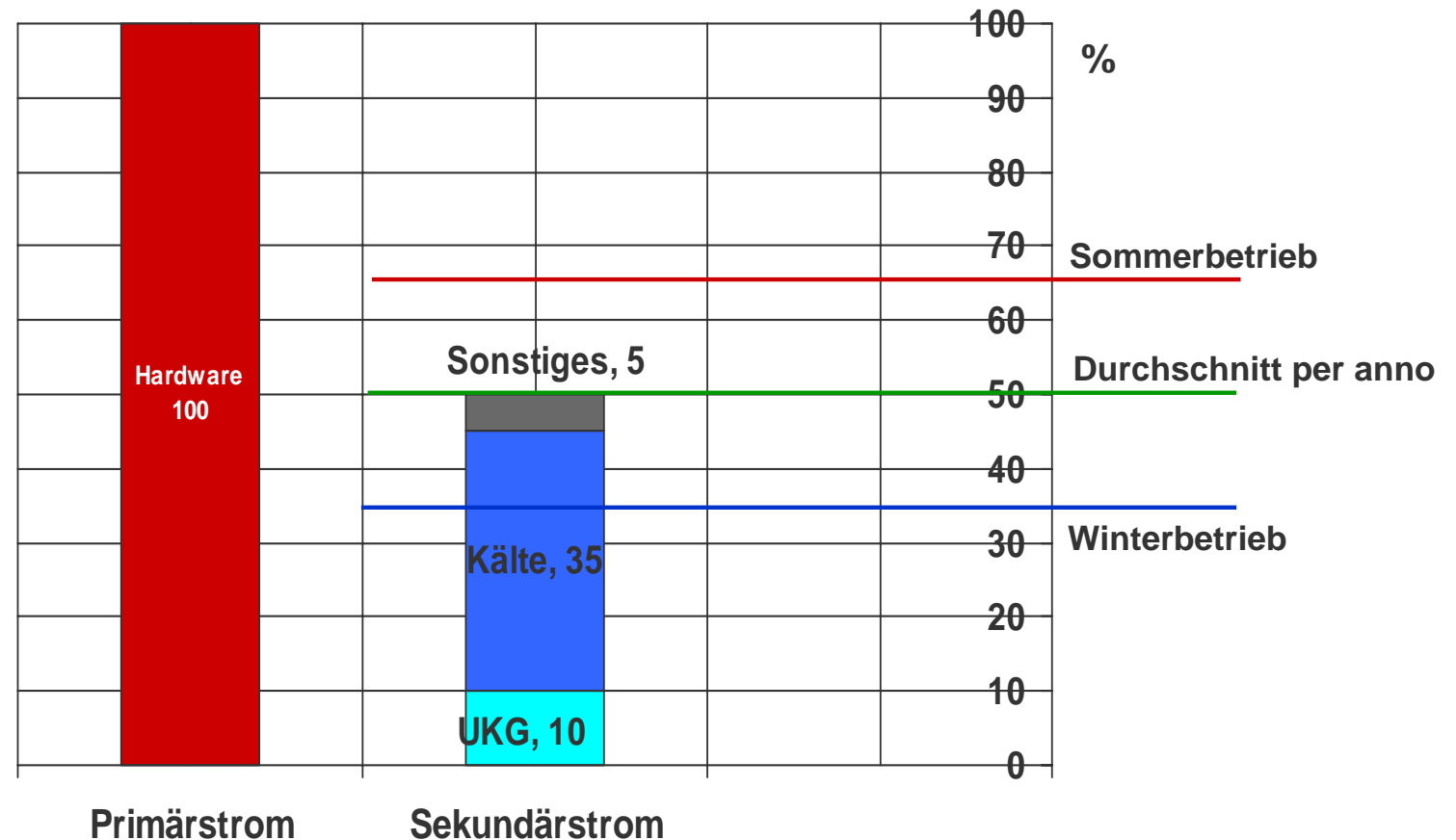
Wassertemperaturen  
Vorlauf/ Rücklauf sekundär  
bisher 8 / 14° C

Freie Kühlung im  
Winterbetrieb  
min. 3-4 Monate

Dezentrale und Zentrale  
Befeuchtung / Entfeuchtung  
50% Luftfeuchte

Sollwert Klima  
22°C / 50% rel. Feuchte

ca. 1 – 1,2 kW/m<sup>2</sup>



# Energieverbrauchsmessung, Beurteilung und Optimierung

## Beispiel Doppelbodenmanagement

Wo anfangen ?

Was messen ?

Wie optimieren ?

# „Wo anfangen?“ Permanente Messungen auf der Hardwarefläche

Mit geringem Aufwand durch kontinuierliche Messungen das Umluft- und Kältesystem neu optimieren und somit Energie sparen

## Beispiel:

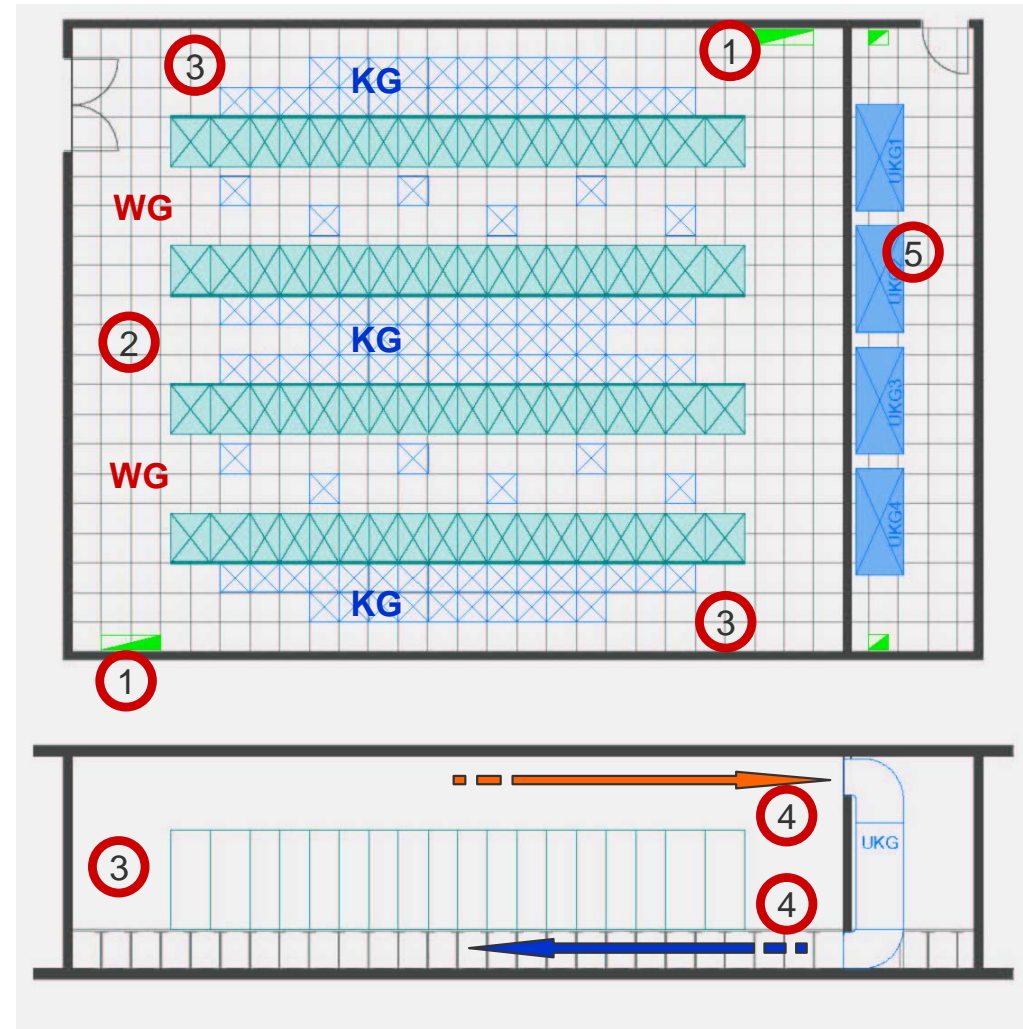
- 215 m<sup>2</sup> / 1,2 kW/m<sup>2</sup>
- UKG n+1
- Musteraufstellung
- Kalt-/Warmgänge
- 80 cm Doppelbodenhöhe

## Permanente Messungen

(Mindestanforderungen)

- 1 Strommessung der A- u. B-Versorgung der Hardware
- 2 Druck im Doppelboden
- 3 Temperatur u. Feuchte Raum (ca. 1.60m)
- 4 Temperatur u. Feuchte der UKG
- 5 Betriebsstunden Dampfbofeuchter/Heizung

Alle Messungen werden permanent aufgezeichnet





## „Wo anfangen?“ Flexible Messungen auf der Hardwarefläche

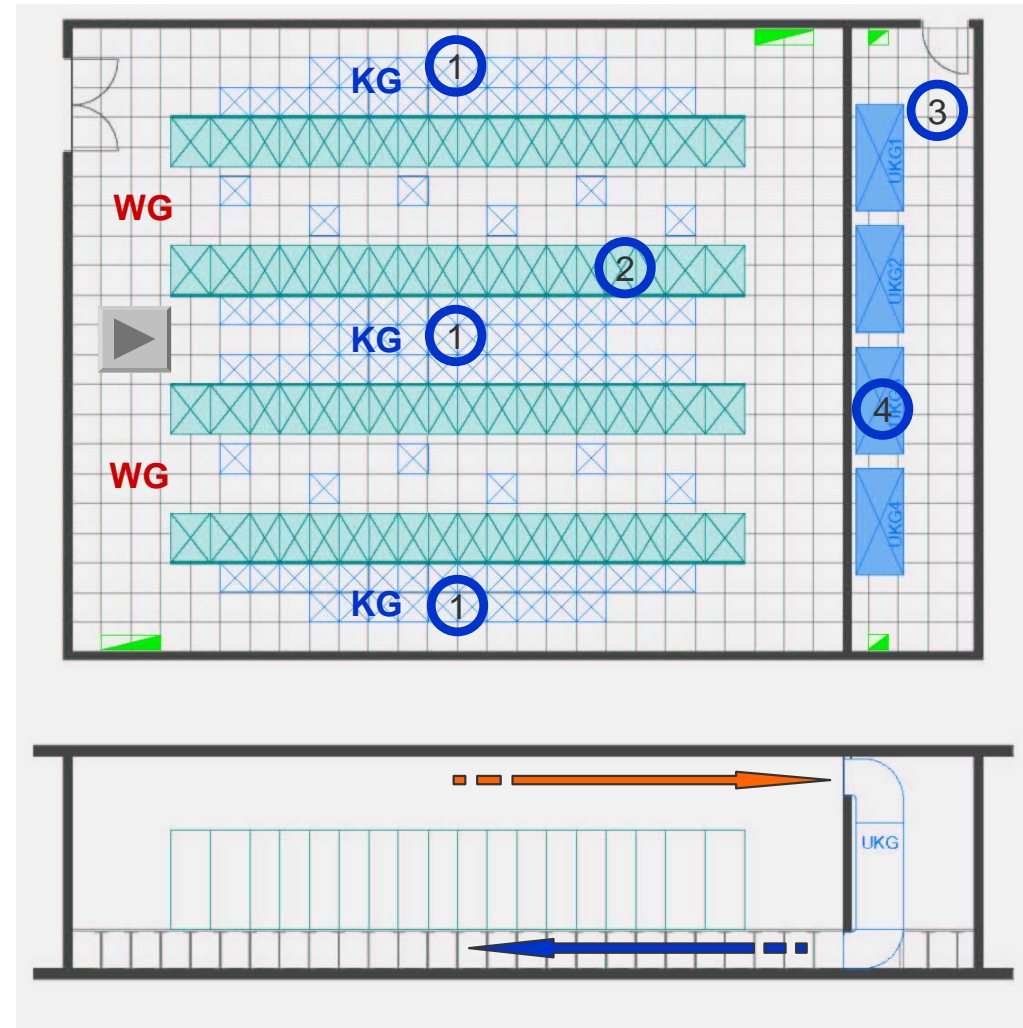
Mit geringem Aufwand durch punktuelle Messungen das Umluft- und Kältesystem neu optimieren und somit Energie sparen

### Beispiel:

- 215 m<sup>2</sup> / 1,2 kW/m<sup>2</sup>
- UKG n+1
- Musteraufstellung
- Kalt-/Warmgänge
- 80 cm Doppelbodenhöhe

### Flexible Einzelmessung

- 1 Luftmengenmessung, Luftgeschwindigkeit
- 2 Wärmebild bei hochbelasteten Racks
- 3 Druck- und Durchflussmengenmessung des Kaltwasserzulaufs
- 4 Luftmengenmessung und Stromaufnahme Ventilatoren



## **Nutzen der Messergebnisse ?**

### **Notwendig für einen optimalen Energieeinsatz in bestehenden Anlagen**

#### **Technische Betriebsführung**

Mitarbeitern die Zusammenhänge, Abhängigkeiten und Funktionen zwischen einzelnen Gewerken und Anlagen kennen, können die angestrebte Optimierung der Energiebilanz erreichen. Erst die richtigen Anlageneinstellungen ermöglichen Energieeffizienz.

Energieoptimierung bedeutet Messen, Auswerten, Einregulieren sowie die Langzeitaufzeichnung der Messergebnisse. Für diese Aufgabe sind qualifizierte Mitarbeiter und gute Messgeräte notwendig:

- Drucksensoren
- Flügelradanemometer
- Luftmengenmessgerät (Airoflow)
- Wärmebildkamera
- Rauchröhrchen und Rauchgeneratoren (sichtbar machen der Luftbewegungen)
- Durchflussmessgerät



# Verbrauchsoptimierung im Detail

Doppelbodenmanagement

Luftverteilung und Luftmengen

Ergebnis

Regelung der Umluftkühlgeräte

Weitere Themen zum Energiesparen

## Doppelbodenmanagement bedeutet: Entscheidungen, Abhängigkeiten, Philosophie

*Variable Drehzahl Umluftkühlgeräte (variabler Doppelbodendruck)*  
*Doppelbodendruck (Wert x)*  
*Lochplatten (Anteil der freien Fläche, regelbar)*  
*Variable Zulufttemperatur*  
*Kontinuierliche Zulufttemperatur*  
*Zuluftgeführte Regelung*  
*Rückluftgeführte Regelung*  
*Zonenregelung*  
*Kaltgangeinhausungen*  
*Verwirbelungen im Doppelboden*  
*Unterdruck durch zu hohen Luftstrom*  
*Rückluft  $\Delta T > 10K$  (Anlagenleistungen)*  
*Luftvolumenstrommessungen (wer, wie, Fehlmessungen, Fehlinterpretationen)*  
*Temperaturmessungen*  
*Feuchtemessungen*  
*Strömungsverhältnisse (Kurzschluss?)*

Doppelbodenmanagement



## Vorbereiten der Optimierungsarbeiten Ist-Aufnahme

### Erste Stufe vor Beginn der Arbeiten (Ist-Aufnahme):

- Luftmengenmessung an den Umluftkühlgeräte und Vergleich mit den Herstellerdaten; Drehzahl wird auf permanent gestellt
- Luftdruckmessung des Doppelbodens und Luftmengenmessungen an verschiedenen Lüftungsplatten
- Racks mit hoher Leistung („Hot Spots“) mit der Wärmebildkamera aufnehmen bzw. Messung der Ausblastemperatur
- Ablesen der Ströme an den Kopfverteilern
- Anzahl der Lüftungsplatten feststellen

### Zweite Stufe vor Beginn der Arbeiten:

- Wassermenge der Umluftkühlgeräte messen (prüfen)
- Kühlerventilöffnung prüfen (sollte nicht >80% offen und < 30% geschlossen sein)
- Fühler kalibrieren (zwingend die Regelfühler)

## Doppelbodenmanagement auf der bestehenden Hardwarefläche

Anzahl der notwendigen Lüftungsplatten berechnen, Schließen aller nicht erforderlichen Durchbrüche und Öffnungen;

### Beispiel für die Berechnung der benötigten Anzahl von Lüftungsplatten:

- Durchschnittliche elektrische Leistung der Hardware in der Beispielrechnung hier 100 kW
- Zulufttemperatur 18°C (min 16°C)
- Rücklufttemperatur 28°C
- Luftdurchsatz der verwendeten Lüftungsplatten z.B. bei ca. 15 Pascal Druck 400m<sup>2</sup>/h nach Diagramm des Herstellers

Berechnung Kühlleistung/Doppelbodenplatte

$$Q = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{Wird} \\ \text{gemessen}}}{V(=m^3/h)} \times \underset{3.600}{1,2(=\text{Faktor Luftdichte})} \times \underset{\uparrow}{1(=\text{Faktor Luft})} \times \text{Delta T}$$

= Rücklufttemp. – Zulufttemp.  
z.B. werden 10K festgelegt

Beispiel:

$$Q = \frac{400 \text{ m}^3/\text{h} \times 1,2 \times 1 \times 10\text{K}}{3.600}$$

Q = ca.1,33 kW pro Platte

### Benötigte Platten: 100kW / 1,33kW/Platte = 75 Platten

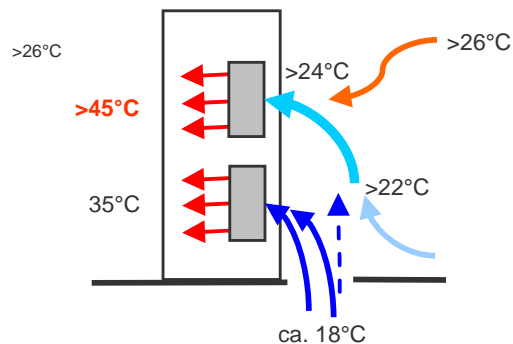
- Unter Berücksichtigung, dass ein Teil der Kabelöffnungen in den Racks nicht ganz verschlossen werden kann, würde bei Beginn des Doppelbodenmanagements mit ca. 70 Platten begonnen werden
- **Alle nicht benötigten Öffnungen, insbesondere unter offenen Racks sind zu schließen**

# Luftmengenmessung und Luftverteilung

## Messen des Doppelbodendrucks; Optimierung der Plattenanzahl/Luftdurchlasses und Einregulierung der Luftmengen

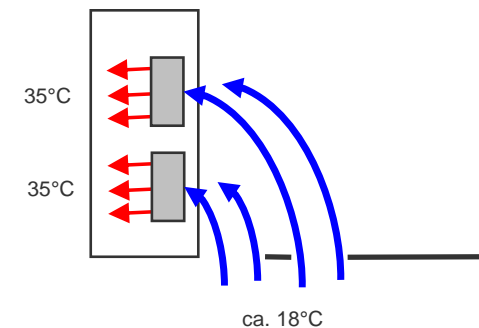
- Prüfen/Messen der Luftströmungen an den Racks (sicherstellen, dass alle Verbraucher ausreichend versorgt sind)
- Einschalten der Backupgeräte
- Herunterregeln der Lüfterdrehzahl bis auf die benötigte Luftmenge zur Vermeidung von Luftkurzschlüssen (Kaltluftstrom bis ca. 10cm über dem Rack)

Detail (mit 1.Lüftungsplatte)  
„Rack mit hoher Leistung“



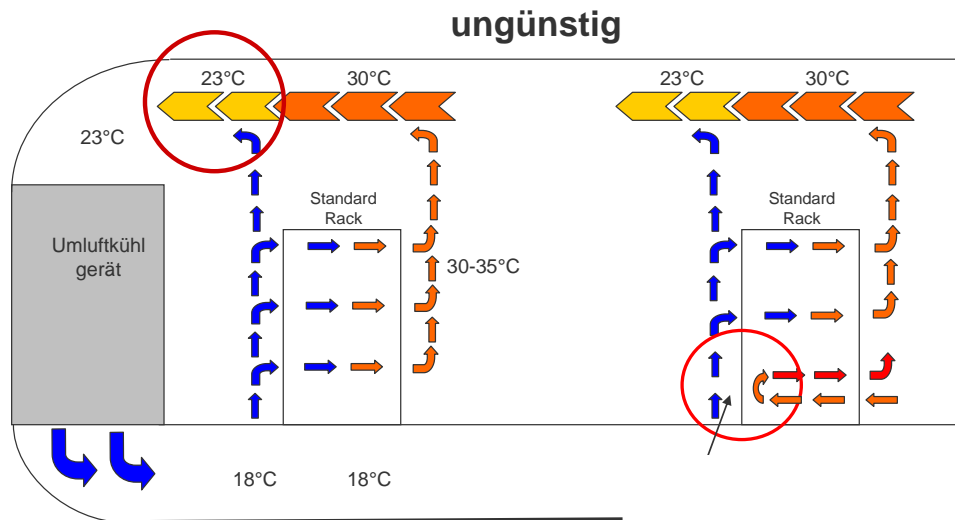
Sollte es an vereinzelt Racks zu Luftkurzschlüssen kommen, kann an Stelle einer Drehzahlerhöhung aller UKG eine partielle Erhöhung der Luftmenge sinnvoll sein.

Detail (mit Optimierung) oder regelbare Lüftungsplatten mit hohem Luftdurchsatz  
„Rack mit hoher Leistung“



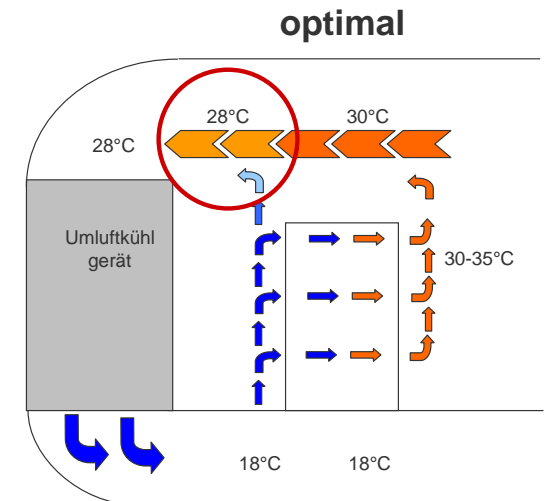
# Luftmengenmessung und Luftverteilung

## Beispiele aus der Praxis, Konvektion und Strömung



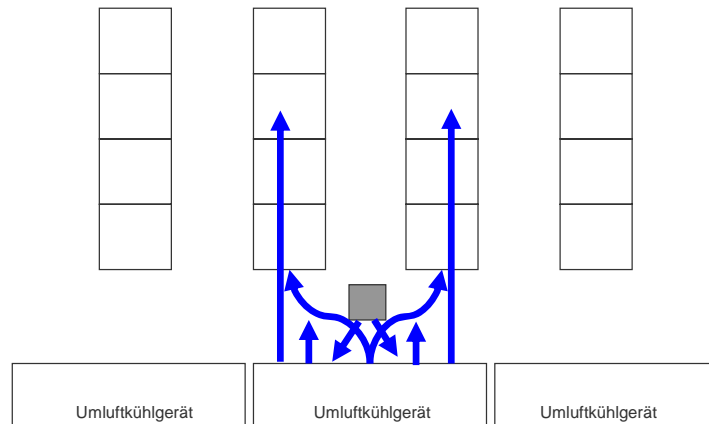
### KONVEKTION

Zu viel Mischluft oder Kurzschluss durch Unterdruck. Optimierung der Luftmengen.



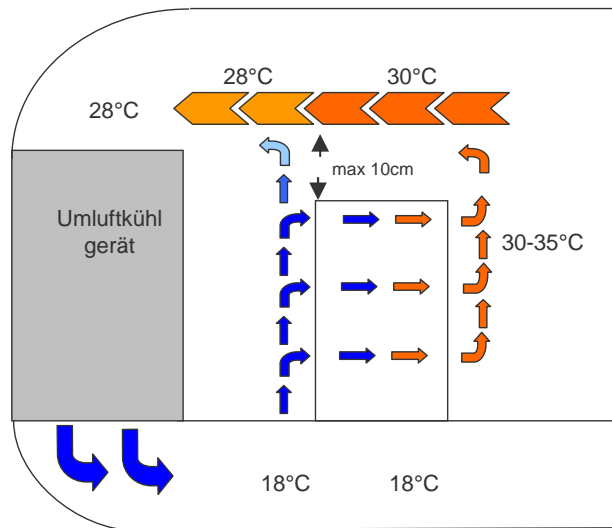
### STRÖMUNG

Bei dieser Situation ist die Leistung nicht voll nutzbar. Notmaßnahme wäre hier ein Luftleitblech vor der Säule.





# Doppelbodenmanagement Ergebnis



- Minimale Drehzahl der Ventilatoren
- Delta T ca.10K zw. Doppelbodentemperatur und Rücklufttemperatur
- Vermeidung von Entfeuchtung und Befeuchtung
- Statische Kühlerventilstellung (ruhige Regelung)
- Kühlerventilstellung > 30%

## Beispiel Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (RZ Fläche 215m<sup>2</sup> / 1200W/m<sup>2</sup>)

- Leistungsaufnahme der Ventilatoren bei 95% Drehzahl = 5,0kW/h
- Leistungsaufnahme der Ventilatoren bei 75% Drehzahl = 2,5kW/h
- Anzahl der UKG 3+1 (N+1)
- Leistung im N+1 Betrieb = 3 x 5,0kW/h = 15,0kW/h = 131.400kW/Jahr
- Leistung im Red. Betrieb = 4 x 2,5kW/h = 10,0kW/h = 87.600kW/Jahr
- **Leistungsreduzierung (Idealfall) = ca. 33%**

Die Optimierung spart Energie und verhindert eine frühzeitige und teure Nachrüstung von Infrastruktur

# Regelung der Umluftkühlgeräte

## Hinweise, Anmerkungen, Besonderheiten

Vor Beginn der Arbeiten ist die Regelungsart der Umluftkühlgeräte zu prüfen.

Die Voraussetzungen für das beschriebene Doppelbodenmanagement ist ein nicht variabler Doppelbodendruck und eine gleich bleibende Doppelbodentemperatur.

Bei den Umluftkühlgeräten wird unterschieden in:

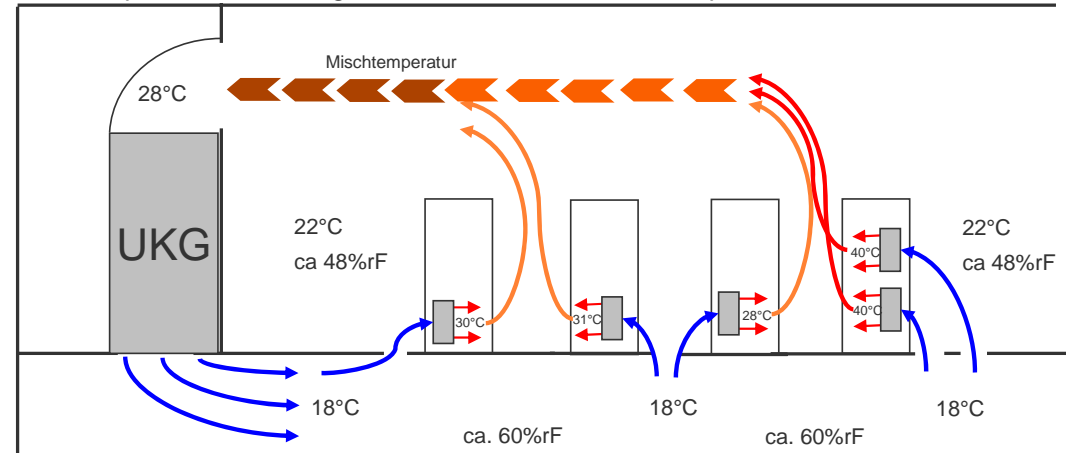
- Rückluftregelung
- Zuluftregelung

Optimal wäre ein Kaltwassernetz mit einer Kaltwasservorlauf Temperatur von  $> 10^{\circ}$ -  $14^{\circ}$ C.

Jedes  $^{\circ}$ C mehr reduziert die nicht gewünschte **Entfeuchtung** im Sommer an den Kühlregistern.

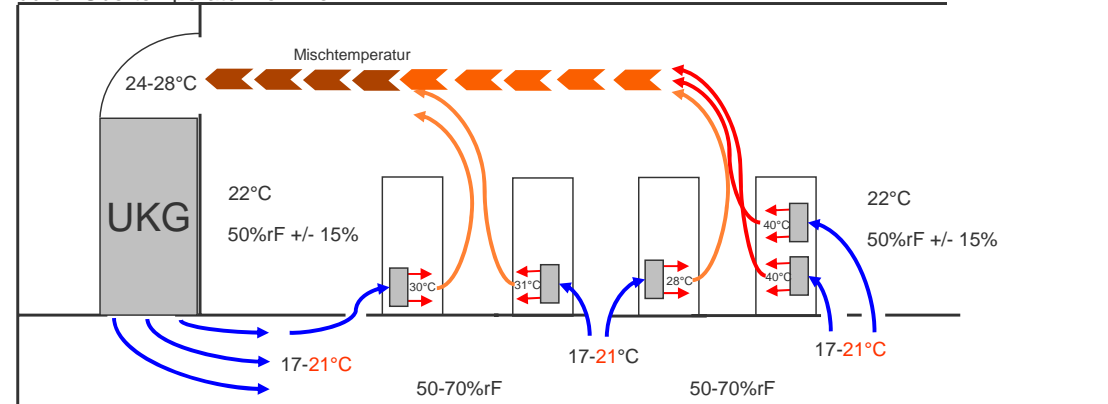
### Idealsituation Zuluftregelung (Beispiel)

Zuluft ca.  $18^{\circ}$ C mit einer Temperaturanhebung auf  $19^{\circ}$ C bei Rücklufttemp.  $< 26^{\circ}$ C oder:  
Zulufttemperaturreduzierung auf  $17^{\circ}$ C bei einer Rücklufttemp.  $> 30^{\circ}$ C



### Rückluftgerecht:

An rückluftgeregelte Anlagen ist die übliche variable Zulufttemperatur einzugrenzen. Bei einer variablen Doppelbodentemperatur kann es bei Hot Spots zu Problemen durch Übertemperatur kommen.



## Weitere Themen zum Energiesparen

### Kälteerzeugung/Kälteverteilung

Optimaler Betrieb der Kälteerzeuger wie:

Auslastung der Anlagen bis 80% ihrer maximalen Leistung (meist der Punkt des idealen COP\* - Werts) \*(COP = Coefficient of Performance)

Einsatz der „Freien Kühlung“ (so früh wie möglich)



(auch wenn ein Netz auf 8/14°C ausgelegt ist, kann mit z.B. 10/16 betrieben werden. Sollte es an der einen oder anderen Stelle zu einem Engpass kommen, kann dort zusätzlich ein Umluftkühlgerät installiert werden (Wirtschaftlichkeitsbetrachtung/Amortisationszeit). Im Fall einer flächendeckenden Vollauslastung ist dies natürlich nicht möglich)

Optimale Hydraulik mit drehzahlgeregelten Kaltwasserpumpen



Übergeordnete Regelung für Umluftkühlgeräte, die gleichzeitiges Heizen (Entfeuchten) und Kühlen innerhalb der Gerätegruppe verhindert

Höhere Werte für Temperatur von Zuluft und Wasservorlauf und mehr Toleranzen bei der Luftfeuchte

**e-shelter**

**Vielen Dank.**

**Markus Ecke**  
Geschäftsführer Technik

**e-shelter facility services GmbH**  
Eschborner Landstr. 100  
60489 Frankfurt am Main

T: 069/780121-28  
F: 069/780106-25

[markus.ecke@e-shelter.de](mailto:markus.ecke@e-shelter.de)

**Rudolf Siebert**  
Leiter Betrieb Organisation

**e-shelter facility services GmbH**  
Eschborner Landstr. 100  
60489 Frankfurt am Main

T: 069/780121-64  
F: 069/780106-25

[rudolf.siebert@e-shelter.de](mailto:rudolf.siebert@e-shelter.de)

# Notwendig für einen optimalen Energieeinsatz in bestehenden Anlagen

## Auszug aus der interne Schulung „Wassermengeneinstellung“

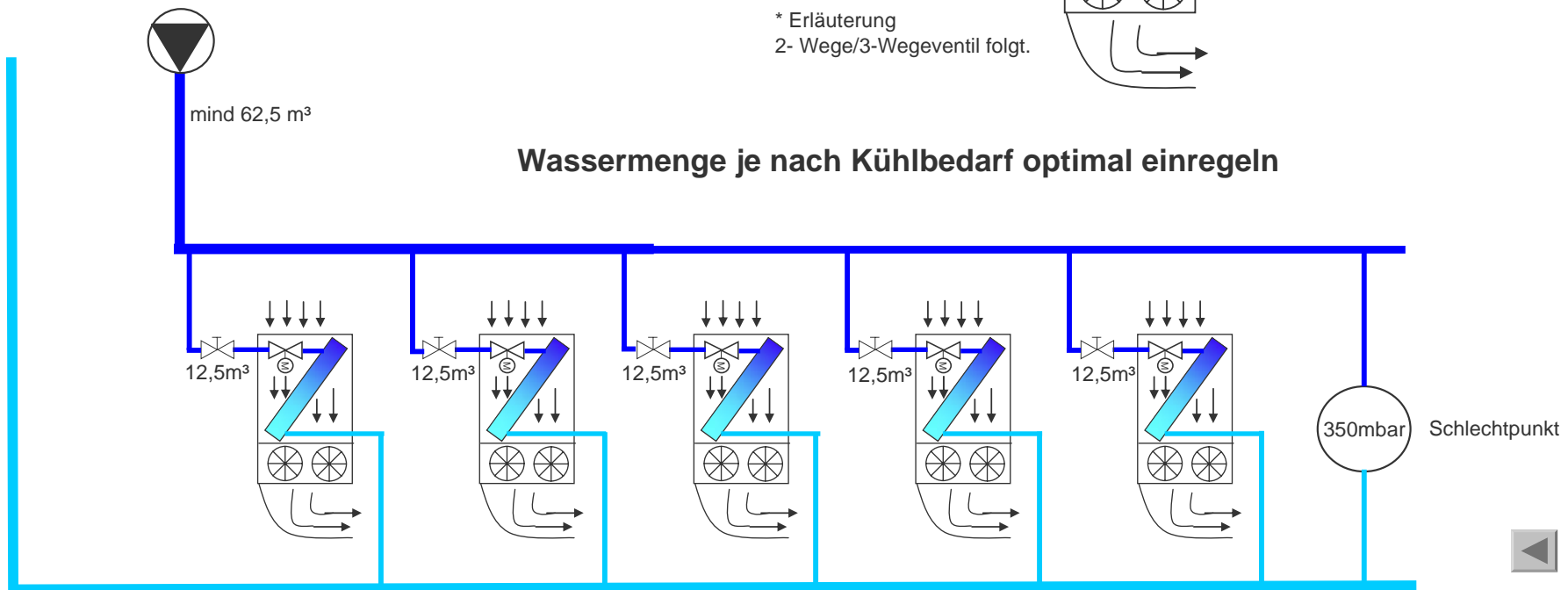
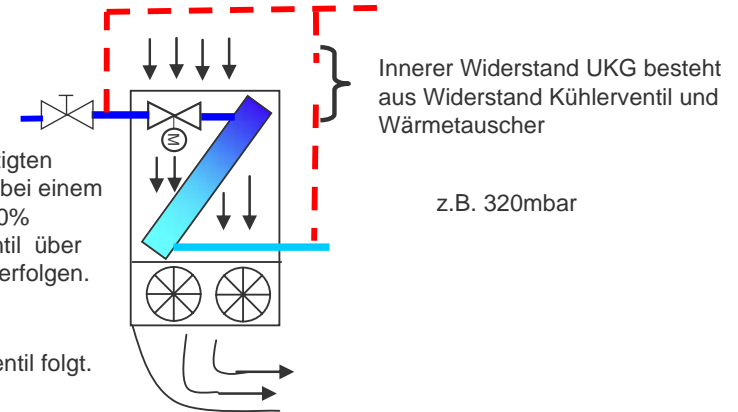
Einstellungsdaten am Beispiel Umluftkühlgeräte:

Benötigte Wassermenge =  
(max. Wasserm. von Gerät 1 + Gerät 2 + Gerät 3 + Gerät 4 + Gerät 5)

Benötigter Diff. Druck =  
(innerer Widerstand UKG bzw. von dem Endverbraucher mit den höchsten inneren Widerstand + benötigte Wassermenge)

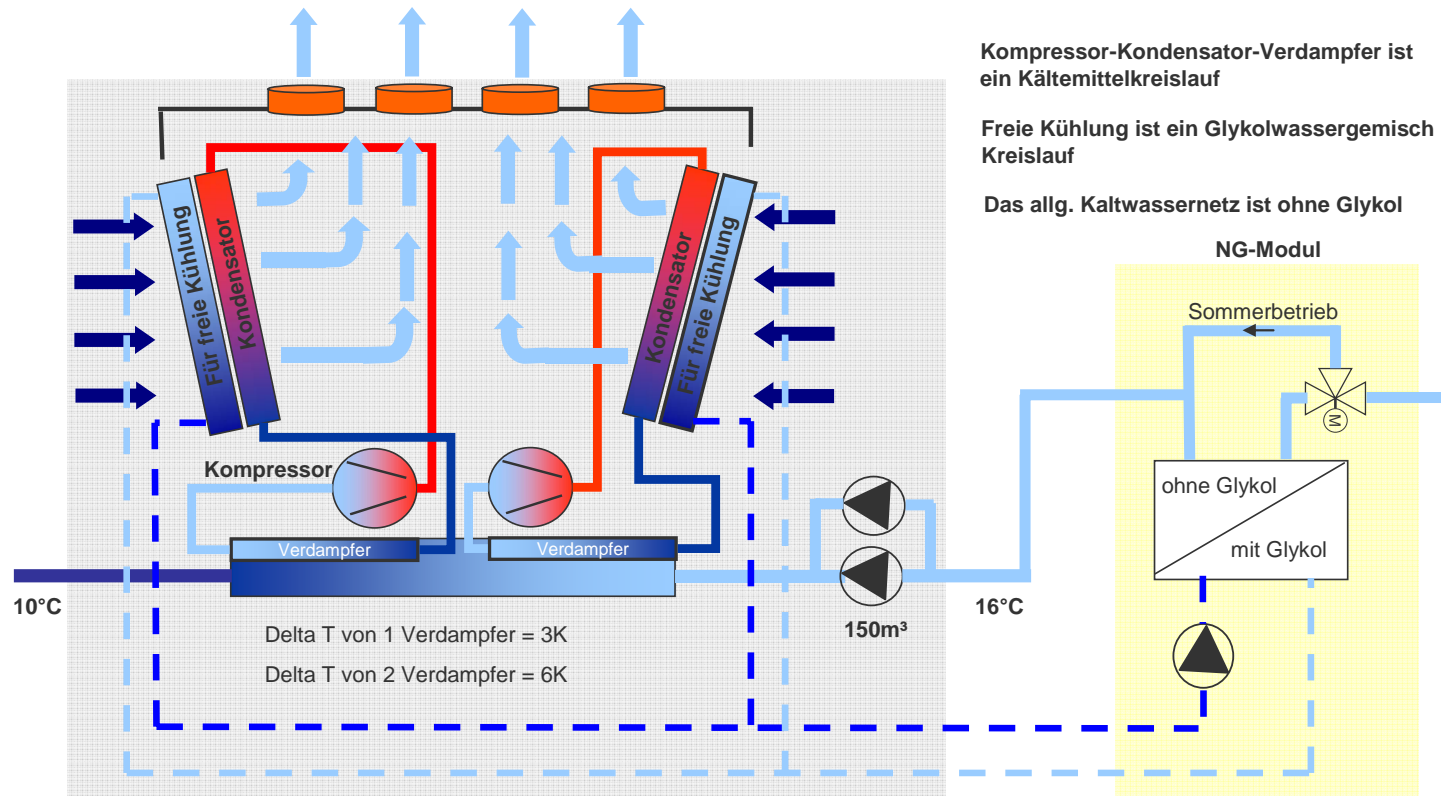
Einstellung der benötigten Wassermenge muss bei einem 2 Wegeventil\* bei 100% geöffneten Kühlventil über das Einregulierventil erfolgen.

\* Erläuterung  
2- Wege/3-Wegeventil folgt.



# Notwendig für einen optimalen Energieeinsatz in bestehenden Anlagen

## Auszug aus der interne Schulung „Kältemaschinenaufbau“



### Hinweis!

Das mögliche Delta T zwischen Vorlauf und Rücklauf ist 3,5K pro Kälteerzeuger. Wenn beide Kälteerzeuger in Betrieb sind, können 6K erreicht werden (10°C/16°C)

### Hinweis:

Jede Kältemaschine hat 2 vollständig unabhängige Steuereinheiten. Beide Steuereinheiten werden über 2 unabhängige USV Anlagen versorgt. Diese steuern jeweils:

- 1x Lüftergruppe
- 1x Kompressor
- 1x Kaltwasserpumpe

Lastseitig werden die Komponenten über 2 unabhängige netzersatzgestützte NSHV Anlagen versorgt.



## Messen, Messen, .....

### Beispiele aus der Praxis



## Messaufbau „Kaltgangeinhausung“

Ziel:

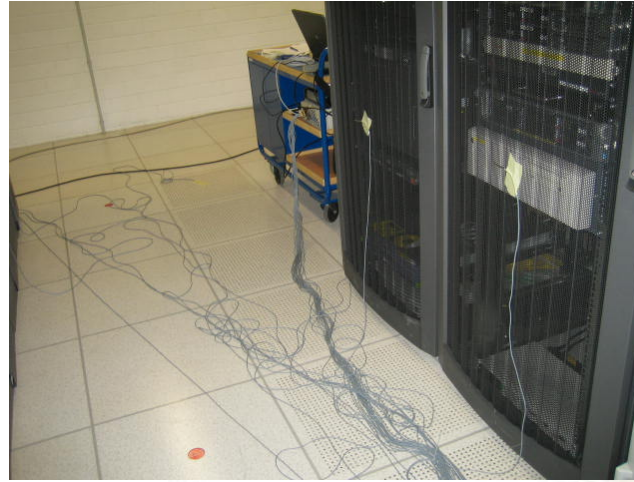
Erkennen von Schwachstellen und Problemen

Aufwand, Wirtschaftlichkeit,  
Versorgungssicherheit,  
Personensicherheit (Gaslöschanlage)

Erkennen von Tendenzen für mögliche  
Energieeinsparpotenzial im Vergleich zu  
einer herkömmlichen Versorgung und  
einer bestehenden Infrastruktur

# Notwendig für den optimalen Energieeinsatz in bestehenden Anlagen

## Beispiel Messgeräte

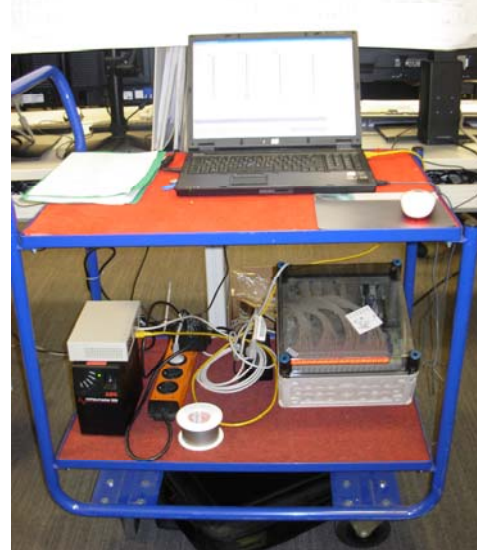


Messeinrichtung (Eigenbau) für eine synchrone flächendeckende Temperaturüberwachung.

Z.Zt. 72Stk. Fühler (erweiterbar) Ni 1000  
Messgenauigkeit 0,1%

Einsatzmöglichkeit:  
Prüfen von Luftschichtungen  
Überwachung/Dokumentation von Ausfalltests der Klimaversorgung  
Langzeitmessungen

Auch einsetzbar im Kältebereich



Luftmenge/Druck/Temp.  
Messgerät  
(Ideal für Lüftungsplatten)

